

RECHERCHES RELATIVES

A

L'INFLUENCE DU TRAVAIL INTELLECTUEL

SUR LES

VARIATIONS DE QUELQUES ÉLÉMENTS DE L'URINE

A L'ÉTAT PHYSIOLOGIQUE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le Vendredi 21 Avril 1893

PAR

Henry THORION

ANCIEN CHEF DES TRAVAUX CHIMIQUES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Né le 27 mai 1860, à Fresnes-en-Woëvre (Meuse)

Examineurs: { MM. BERNHEIM, Président.
CHARPENTIER, Professeur.
GUÉRIN, Agrégé.
RENÉ, Agrégé.

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

NANCY

IMPRIMERIE G. CRÉPIN-LEBLOND, PASSAGE DU CASINO

1893

RECHERCHES RELATIVES

A

L'INFLUENCE DU TRAVAIL INTELLECTUEL

SUR LES

VARIATIONS DE QUELQUES ÉLÉMENTS DE L'URINE

A L'ÉTAT PHYSIOLOGIQUE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le Vendredi 21 Avril 1893

PAR

Henry THORION

ANCIEN CHEF DES TRAVAUX CHIMIQUES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Né le 27 mai 1860, à Fresnes-en-Woëvre (Meuse)

Examineurs: { MM. BERNHEIM, Président.
CHARPENTIER, Professeur.
GUÉRIN, Agrégé.
RENÉ, Agrégé.

Le Candidat répondra aux questions qui lui seront faites sur les diverses parties de l'enseignement médical.

NANCY

IMPRIMERIE G. CRÉPIN-LEBLOND, PASSAGE DU CASINO

1893

FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Doyen : M. HEYDENREICH I O.

Doyens honoraires : MM. STOLTZ C *, I O, TOURDES O *, I O.

Professeurs honoraires : MM. STOLTZ C *, I O, TOURDES O *, I O. COZE *, I O,
V. PARISOT *, I O, HERRGOTT *, I O.

Pathologie gén. et Pathologie interne.	M. HECHT *, I O, professeur.
Physiologie.....	M. BEAUNIS *, I O, professeur.
Anatomie et Physiologie pathologiques	N...
Clinique médicale.....	M. BERNHEIM, I O, professeur.
Clinique chirurgicale.....	M. GROSS, I O, professeur.
Physique médicale.....	M. CHARPENTIER, I O, professeur.
Médecine opératoire.....	M. CHRÉTIEN, I O, professeur.
Clinique chirurgicale.....	M. HEYDENREICH, I O, professeur.
Pathologie externe.....	M. WEISS, A O, professeur.
Chimie médicale et toxicologie.....	M. GARNIER, I O, professeur.
Clinique médicale.....	M. SPILLMANN, I O, professeur.
Clinique obstétricale et Accouche- ments.....	M. A. HERRGOTT, I O, professeur
Médecine légale.....	M. E. DEMANGE, I O, professeur.
Hygiène.....	M. MACÉ, A O, professeur.
Thérapeutique et Matière médicale....	M. SCHMITT, A O, professeur.
Histologie.....	M. BARABAN, A O, professeur.
Anatomie descriptive.....	M. NICOLAS, A O, agrégé, ch. du cours.
Histoire naturelle médicale.....	M. VUILLEMIN, chargé du cours.

COURS COMPLÉMENTAIRES

Clinique des maladies mentales.....	M. LANGLOIS *, A O, chargé du cours.
Clinique des maladies des yeux.....	M. ROHMER A O, chargé du cours.
Clinique des maladies des enfants....	M. SIMON, A O, agrégé, chargé du cours.
Clinique des maladies des vieillards...	M. P. PARISOT, agrégé, ch. du cours.
Clinique des maladies syphilitiques et cutanées.....	M. VAUTRIN A O, agrégé, ch. du cours.
Accouchements.....	M. REMY, agrégé, chargé du cours.

AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM. GUÉRIN, A O.	MM. SIMON, A O.	MM. FÉVRIER.
RENÉ, A O.	REMY.	PRENANT.
NICOLAS, A O.	P. PARISOT.	
VAUTRIN A O.	HAUSHALTER.	

AGRÉGÉS LIBRES : MM. SCHLAGDENHAUFFEN, I O, ROHMER, A O.

M. F. LAMBERT DES CILLEULS *, A O, Secrétaire.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend ni les approuver ni les imputer.

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

A MON PÈRE

A MA BELLE-MÈRE

A MES ONCLES ET TANTES

A TOUS MES PARENTS

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BERNHEIM

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ GUÉRIN

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ VAUTRIN

A MES MAÎTRES DE LA FACULTÉ

AVANT-PROPOS

Au commencement de mai 1892, M. le professeur Bernheim appela notre attention sur une question à ce moment à l'ordre du jour : Y a-t-il des formules urinaires caractéristiques des attaques d'hystérie et d'épilepsie ? Si oui, sont-elles utilisables pour le diagnostic chimique de ces attaques ? On discutait à la Société de Biologie ; « l'inversion de la formule des phosphates », de M. Gilles de la Tourette, menait grand tapage.

Nous entreprîmes alors, sur la composition de l'urine dans divers états nerveux, des recherches que nous poursuivîmes tout l'été. Elles nous donnèrent quelques résultats intéressants. Nous vîmes l'attaque d'hystérie suggérée, se comporter, au point de vue des modifications chimiques de l'urine, exactement comme l'attaque spontanée. La crise épileptique nous apparut précédée d'une élimination fortement exagérée de la plupart des éléments urinaires, d'une véritable décharge ; et nous pûmes, grâce à cette *aura chimique*, prévoir et annoncer le retour de l'attaque.

Mais ces recherches s'éparpillaient en des objets trop variés : nous résolûmes d'en restreindre le champ pour

leur donner de l'unité. M. Bernheim nous conseilla d'étudier l'influence sur l'urine de l'activité cérébrale en ses divers modes. Cette tâche était bien vaste encore. Il eût fallu examiner successivement les phénomènes d'idéation (dans le travail intellectuel, la manie, la lypémanie), de sensibilité (chez des sujets souffrant de vives douleurs et présentant un état général normal), de motricité (contractions). La suggestion aurait été utilisée, comme méthode expérimentale, pour réaliser artificiellement un phénomène quelconque de l'un de ces trois groupes.

Nous avons dû nous borner à l'étude de l'idéation à l'état physiologique, et dans sa forme plus spéciale de travail intellectuel proprement dit.

Ce genre de recherches exige, pour conduire à des résultats méritant confiance, une si minutieuse réglementation de la vie en ses diverses circonstances, que l'on ne peut guère s'en rapporter qu'à soi-même si l'on veut être assuré de la stricte observance du régime. Nos recherches n'ont donc porté que sur nous.

On pourra regretter que notre expérience ne se soit pas prolongée plus longtemps ; nous avons dû la limiter à cette durée, non pour les petits ennuis auxquels elle nous assujettissait, mais en raison de l'impossibilité où nous nous trouvions d'exécuter chaque jour la totalité de nos dosages. Le nombre des dosages ainsi retardés — choisis évidemment parmi ceux qui pouvaient sans inconvénient subir cette remise — s'accrut de telle sorte qu'au moment où nous mîmes fin à l'expérience, ils encombraient presque tout le matériel dont nous disposions, et qu'il nous fallut plusieurs semaines pour les terminer complètement.

La lenteur des évaporations au bain-marie, l'importance des volumes de liquides sur lesquels nous opérions, leur nombre, et l'obligation où nous nous trouvions de ne les traiter que successivement, contribuèrent surtout à rendre long ce temps qu'exigea l'achèvement de nos analyses.

Nous eussions pu notablement réduire la durée de ces analyses en substituant, pour beaucoup d'entre elles, des procédés volumétriques aux méthodes pondérales que nous avons suivies. Nous n'y avons pas songé un instant. En général suffisants pour les besoins de la clinique, les procédés volumétriques de dosage ne sont absolument pas acceptables pour des recherches biologiques comme celles dont il s'agit ici.

C'est M. le professeur Bernheim qui nous a suggéré l'idée de ce travail : nous l'en remercions vivement. Depuis plusieurs années, il nous a guidé dans nos études de clinique médicale, nous faisant largement bénéficier de son savant enseignement, aux vues originales, à la sévère critique. Nous gardons à notre Maître un très reconnaissant souvenir du bienveillant accueil que nous avons toujours trouvé auprès de lui.

Avec son amabilité coutumière, M. le professeur agrégé G. Guérin nous a, pendant près d'une année, offert l'hospitalité, nonobstant l'exiguïté de son Laboratoire des Cliniques où nous avons ainsi fait toutes nos recherches chimiques. C'est pour nous un plaisir non moins qu'un devoir de lui en exprimer notre reconnaissance, et de déclarer que nous avons beaucoup profité de sa science et de son expérience.

Nous avons reçu d'excellents conseils de M. le professeur agrégé A. René, qui nous a aussi fourni un certain nombre d'indications bibliographiques ; nous lui en adressons nos remerciements.

Nous remercions encore M. Ch. Keller, ingénieur civil, à l'obligeante amitié de qui nous devons diverses traductions.

Le développement de notre sujet se fera dans l'ordre suivant :

Dans une première partie, nous poserons la question de consommation d'énergie par le fait des opérations psychiques et verrons de quels phénomènes matériels s'accompagne l'activité mentale.

La seconde partie sera une revue des principaux travaux relatifs à l'influence sur l'urine : d'une part, du travail intellectuel proprement dit ; d'autre part, du sommeil, auquel correspond, sans doute, une activité de l'idéation moindre que pendant la veille.

Nous exposerons, dans la troisième partie, nos recherches personnelles ; nous indiquerons successivement : les méthodes analytiques mises en œuvre, les conditions expérimentales où nous nous sommes placé, et les résultats obtenus.

Viendront enfin quelques brèves conclusions — coup d'œil d'ensemble jeté sur ce travail dont elles dégageront l'idée générale et résumeront les résultats.



I

Généralités sur les concomitants physico-chimiques et la consommation d'énergie corrélatifs du travail intellectuel.

Tout organisme vivant est sans cesse le théâtre de deux séries de phénomènes : *assimilation* et *désassimilation*. Le processus d'assimilation emprunte au milieu ambiant les matériaux nécessaires à l'édification des divers tissus ; le processus de désassimilation les restitue, produits résiduels du fonctionnement des organes. Cependant que se renouvelle sa substance, la forme générale de l'être persiste : c'est la caractéristique de la vie.

La plante puise dans le règne minéral les éléments de ses principes immédiats, qui font directement retour à la minéralité, si elle meurt sans utilisation spéciale. Quant aux animaux ils tirent du règne végétal leurs aliments : dans une première phase, d'*intégration*, ils fixent, ces principes alimentaires, d'emblée ou après leur avoir fait gravir l'échelle des constructions synthétiques à complexité croissante ; une seconde phase, de *désintégration*, par progressives destructions analytiques, les rapproche du règne minéral où les rejettent les excréments. Ainsi est clos le cycle de la circulation de la matière.

Des transmutations de l'énergie conditionnent ces processus chimiques. De dynamique, elle devient potentielle dans les réactions *endothermiques* qui, pour s'accomplir, réclament l'intervention d'une énergie extérieure : telle la formation des principes végétaux aux dépens des éléments minéraux, avec emmagasinement d'énergie calorifique et lumineuse ; telles encore les synthèses qui s'effectuent chez les animaux et utilisent l'énergie provenant de la transformation des aliments en des composés moins complexes. Ces simplifications sont, en effet, comme sens général, des réactions *exothermiques* : elles libèrent de l'énergie, qui de potentielle devient dynamique.

Dans ces transformations successives des aliments est la source de l'énergie vitale, en toutes ses manifestations. « L'entretien de la vie ne consomme aucune énergie qui lui soit propre » (Berthelot).

Par tous admise, tant qu'il s'agit de la chaleur sensible, du travail musculaire, de la production de lumière ou d'électricité, cette relation de causalité devient suspecte et fortement controversée, dès qu'on touche aux actions psychiques.

Et nous ne tenons pas compte de l'opinion des purs philosophes, mais de l'avis des seuls biologistes.

Pour Lavoisier déjà, à toute forme de l'activité physiologique correspond une dépense de force.

« Ce genre d'observation, dit-il après avoir constaté l'influence du mouvement musculaire sur les combustions respiratoires, conduit à comparer des emplois de force entre lesquels il semblerait n'exister aucun rapport. On

peut connaître, par exemple, à combien de livres en poids répondent les efforts d'un homme qui récite un discours, d'un musicien qui joue d'un instrument ; on pourrait même évaluer ce qu'il y a de mécanique dans le travail du philosophe qui réfléchit, de l'homme de lettres qui écrit, ou du musicien qui compose. Ces efforts, considérés comme purement moraux, ont quelque chose de physique et de matériel qui permet, sous ce rapport, de les comparer avec ceux que fait l'homme de peine. Ce n'est donc pas sans quelque justesse que la langue française a confondu sous la dénomination commune de travail, les efforts de l'esprit comme ceux du corps, le travail du cabinet et le travail du mercenaire (1). »

On a depuis, établi que les actes psychiques sont susceptibles de déterminations physiques : un certain temps, mesurable, est nécessaire à leur production ; ils déterminent dans les centres nerveux une élévation de la température (Schiff, Broca) et un accroissement de l'afflux sanguin (Thanhoffer, Mosso, Gley) (2). Enfin, ils s'accompagneraient d'une désassimilation plus active de la substance cérébrale, d'où résulteraient des produits de déchet, dosables dans les excréments, dans l'urine spécialement. Ces modifications chimiques, disons-le tout de suite, ont été trouvées, par les divers expérimentateurs, tellement contradictoires qu'on arrive à douter, non pas seulement de leur

(1) Lavoisier : *Mémoires de l'Académie des sciences pour 1789*.

(2) Voir à ce sujet l'excellente thèse de M. E. Gley : *Etude expérimentale sur l'état du pouls carotidien pendant le travail intellectuel* (Thèse de Nancy, 1881).

sens, mais encore de leur réalité ; qu'on incline à les attribuer à des erreurs d'analyse ou à des influences étrangères au travail intellectuel, contre lesquelles on aurait négligé de se prémunir.

Par contre, les modifications physiques ne sont guère contestables, et elles nous permettent de penser que, très probablement, l'activité mentale et la désassimilation cérébrale sont en concomitance. Car ces processus physiques et chimiques sont en étroite connexité. A supposer démontrée cette exagération de l'usure fonctionnelle du cerveau, il s'impose que la circulation sanguine dans cet organe devienne plus active, pour assurer les matériaux indispensables aux combustions organiques et en évacuer les produits ; il est également nécessaire que ces actions chimiques et suractivité circulatoire se traduisent par un échauffement de l'encéphale. On a, avons-nous dit, constaté la coexistence de ces modifications thermométrique et circulatoire et des opérations psychiques ; c'est donc déjà comme un premier contrôle de l'hypothèse d'après laquelle le travail intellectuel se lierait à des faits chimiques.

Pourquoi cette infériorité, vis-à-vis des méthodes physique et physiologique, de la méthode chimique, quant au degré de certitude des résultats qu'elle fournit dans l'étude des conditions organiques de la pensée ? Elle tient tout d'abord à ce que cette méthode met en œuvre des procédés complexes et n'atteint que très indirectement les phénomènes auxquels elle s'applique. Les produits de désassimilation spéciale qu'elle cherche à doser sont noyés, pour ainsi dire, dans l'ensemble des déchets de la désassimilation générale.

« Songeons, dit M. Bunge, que le poids du cerveau comporte moins de 2 0/0 du poids total du corps et qu'une partie seulement du cerveau entre en activité dans les fonctions psychiques. En admettant même une augmentation maxima de la nutrition dans cet organe pendant la durée de l'effort intellectuel, nous ne pouvons vraisemblablement pas nous attendre à en retrouver les traces dans les produits de la nutrition générale (1). »

Pour M. Georges Pouchet (2) les équivalents thermique et chimique de la pensée sont aussi impossibles à trouver l'un que l'autre, étant donnée la petitesse de la masse nerveuse où s'exerce l'activité psychique consciente. « C'est, dit-il, se faire une idée très fausse du siège des facultés intellectuelles ou psychiques proprement dites, que de le placer dans les éléments anatomiques désignés habituellement sous le nom de cellules nerveuses... Tout porte à penser qu'elles (ces cellules) ne sont jamais le siège d'actes psychiques proprement dits, d'actes conscients, tels qu'une perception, une volition... Tout indique, au contraire, que le véritable siège des facultés conscientes est dans les petits éléments nerveux déterminés pour la première fois comme tels par Ch. Robin, et qu'il a nommés *myélocytes*. »

Ces myélocytes mesurent 5 à 6 μ de diamètre, rarement 8. Encore, la plus grande partie du « myélocyte conscient » est-elle occupée par un noyau ; or, « tout ce

(1) G. Bunge : *Cours de chimie biologique et pathologique* (traduit sur la 2^e édition allemande par A. Jaquet), 1891, p. 39.

(2) Georges Pouchet : *Remarques anatomiques à l'occasion de la nature de la pensée* (*Rev. scient.*, 1887, t. XXXIX, p. 169).

que nous savons en anatomie générale autorise à penser que ce noyau, quoique nécessaire peut-être au maintien de la substance cellulaire, n'en partage point les qualités fonctionnelles propres. Il faudrait réduire, en ce cas, des 9/10, tout au moins, la quantité de substance cérébrale pensante... On peut admettre que les facultés propres qui font l'homme de génie sont toujours immanentes à un poids très faible de substance cellulaire nerveuse. Les *Principes* de Newton, l'*Enfer* de Dante n'ont peut-être pas été élaborés dans plus d'un millimètre cube de substance vivante. »

Nous avouons ne pas savoir sur quoi M. Pouchet se fonde pour faire ainsi des myélocytes le siège exclusif des actes psychiques. « Les centres moteurs, sensitifs et sensoriels constituant l'écorce cérébrale sont les seuls substrata connus des sensations, perceptions, idéations, volitions, émotions. Qu'il y ait des degrés de complexité et d'évolution dans ces centres, cela est possible : mais ce n'est pas une raison pour créer de toutes pièces des centres supérieurs d'idéation dont rien jusqu'ici n'a révélé l'existence ni au physiologiste ni au clinicien (1). »

Au surplus, la petitesse hypothétique de la masse nerveuse où s'élaborent les opérations psychiques ne saurait empêcher de rechercher expérimentalement les produits possibles de déchet corrélatifs de ces opérations : c'est aux faits, seuls juges compétents, que doit être déferé tout a priori. Toutefois, — comme on ne peut, de

(1) Jules Soury : *Les fonctions du cerveau*, 1891, p. 203.

quelque optimisme que l'on fasse état, s'attendre à rencontrer des variations considérables, — l'expérience n'aura chance d'aboutir à quelque résultat valable que si, armé de méthodes analytiques précises, on fait du travail intellectuel, intense et prolongé, toutes autres conditions restant identiques.

Ne se pourrait-il, d'ailleurs, que l'on rencontrât dans l'urine tel élément plus spécialement attribuable à la désassimilation cérébrale? L'acide phosphoglycérique, dont la présence y a été signalée, ne résulte-t-il pas d'un simple dédoublement de la lécithine, que l'on trouve, on le sait, dans diverses parties de l'organisme, mais nulle part en proportion aussi forte que dans la substance nerveuse? Hypothèse pour hypothèse, celle-ci vaut, nous semble-t-il, d'être vérifiée.

Entre l'activité mentale, d'une part, et, d'autre part, les changements physiques constatés et les modifications chimiques — reflets de la désassimilation — que pourra nous déceler l'examen de l'urine, quelle relation logique nous sera-t-il permis d'établir ?

Nous dirons, très différemment : ou bien que *les faits physiques sont les causes des faits psychiques*, ou bien que *processus psychiques et processus physiques coexistent parallèlement*.

Quels arguments peuvent décider du choix à faire entre l'une ou l'autre formule? C'est ce que va nous apprendre la rapide analyse d'une brillante discussion sur les relations de la pensée avec les phénomènes physico-chimiques concomitants, discussion à laquelle la *Revue scientifique* naguère servit de tribune.

Dans une leçon sur l'*origine de l'énergie chez les êtres vivants*, M. Gautier (1) dit que : « pour une même quantité de matériaux de réserve brûlés dans l'organisme..., il apparaît toujours une même somme d'énergie sous forme de chaleur ou de travail mécanique équivalent, que l'animal sente et pense, ou qu'à ce point de vue il reste inactif ». Il en conclut que les opérations psychiques n'ont point d'équivalent mécanique, c'est-à-dire qu'elles ne dépensent point d'énergie.

Aucune expérience ne l'établit, répond M. Richet (2). L'expérience directe est-elle même possible ? Seule, la voie indirecte permet de tenter la solution du problème. Or, toutes les recherches de cet ordre concourent à combattre la thèse de M. Gautier, et la seule conclusion qu'on en puisse légitimement tirer, « c'est que *très probablement, sinon en toute certitude*, le travail psychique répond à une certaine action chimique, à une certaine action thermique... Nous sommes loin de pouvoir établir, en mesure précise, l'équivalence du travail intellectuel et d'une action chimique », mais cette équivalence est l'hypothèse vraisemblable que tous les faits connus tendent à nous faire admettre.

Si les phénomènes psychiques, riposte M. Gautier (3), avaient un équivalent mécanique, ils devraient,

(1) A. Gautier : *Revue scientifique*, 1886, t. XXXVIII, p. 737.

(2) Ch. Richet : *Le travail psychique et la force chimique* (*Rev. scient.*, 1886, t. XXXVIII, p. 788).

(3) A. Gautier : *La pensée. La pensée n'est pas une forme de l'énergie, c'est la perception des états intérieurs et de leurs relations* (*Rev. scient.*, 1887, t. XXXIX, p. 14).

lors de leur production, consommer de l'énergie et, au contraire de ce qu'établit l'observation, refroidir le cerveau.

En tout cas, ces processus physico-chimiques, où l'on veut voir la source de l'énergie psychique, ne correspondent qu'à la tension préalable du cerveau, à la réception et à l'élaboration des impressions d'origine externe qui serviront à faire naître la pensée. Quant aux phénomènes de pensée, de vision intérieure, ils ne peuvent avoir d'équivalent mécanique.

Le muscle, objecte M. Richet (1), en se contractant, consomme de l'énergie et s'échauffe cependant. C'est que la somme des affinités chimiques se répartit fort inégalement entre le travail (minime fraction) et la chaleur (quasi totalité). L'analogie nous conduit à penser qu'il en va de même pour le cerveau et le travail intellectuel.

Puisque les opérations psychiques — M. Gautier le reconnaît lui-même — sont corrélatives d'une usure physico-chimique, l'origine en est, selon toute vraisemblance, physico-chimique. On ne comprend pas, déclare M. Richet, pourquoi les phénomènes de vision intérieure ne représenteraient pas un certain travail.

M. Herzen (2) intervient alors dans le débat. Ce n'est pas faire un a priori que voir dans l'énergie psychique une transformation de l'énergie mécanique.

Dans la série de phénomènes allant d'une excitation périphérique initiale à une réaction motrice

(1) Ch. Richet : *La pensée et le travail chimique* (Rev. scient., 1887, t. XXXIX, p. 83).

(2) A. Herzen : *L'activité cérébrale* (Rev. scient., 1887, t. XXXIX, p. 103).

terminale, que devient le mouvement centripète et d'où provient le mouvement centrifuge, si la « phase psychique, » qui s'intercale entre l'ébranlement du centre sensitif et l'ébranlement du centre moteur, ne correspond pas à un mouvement moléculaire ? Et si l'énergie psychique doit son existence à un mouvement et donne naissance à un mouvement, elle est elle-même un mouvement.

Comme un mouvement, le phénomène mental a besoin d'un certain temps pour se produire.

Enfin, l'activité mentale, comme toute autre forme de mouvement, est liée à la production de chaleur. Le muscle s'échauffe par la contraction et une partie du calorique est consommée par la production de travail mécanique. La thermométrie ne peut que très difficilement nous renseigner sur cette disparition de chaleur ; les processus frigorifiques n'ont pas jusqu'ici été constatés pour l'encéphale, pendant le travail intellectuel.

Pour M. Naville (1), il n'y a pas de faits cérébraux conscients. Il n'existe même pas de relation certaine entre les faits conscients et les faits cérébraux. « Le travail physico-chimique n'est pas lui-même un fait psychologique... Car..., si ce sont des mouvements qui se connaissent, pourquoi se connaissent-ils comme toute autre chose que des mouvements?... Il n'y a pas de science expérimentale de l'homme sans dualisme. L'identité n'est qu'un rêve lointain de la métaphysique. »

(1) Adrien Naville : *La pensée et le travail chimique* (Rev. scient., 1887 t. XXXIX, p. 315).

On peut admettre que les faits conscients sont conditionnés par des faits cérébraux, sans en conclure que les uns soient la transformation des autres. L'équivalent, s'il en est, d'un fait conscient doit être un fait psychique inconscient, non un mouvement cérébral.

De ce que le cerveau, dit M. Hirn (1), nous est nécessaire pour penser, il ne résulte pas que ce soit lui qui pense.

Travail musculaire et travail intellectuel, l'un comme l'autre, s'accompagnent de fatigue, obéissent à la volonté et deviennent plus faciles par l'exercice, la gymnastique.

Mais, à la différence du travail mécanique, le travail intellectuel, si tant est qu'il soit susceptible de consommer de l'énergie, ne peut par aucun moyen la restituer. Qu'il ait des concomitants physico-chimiques, c'est plus que possible, c'est probable ; mais on ne peut confondre les sécrétions chimiques : du cerveau, avec le produit même du travail de l'intelligence ; du muscle, avec les phénomènes dynamiques. L'expression de travail de tête s'applique bien aux phénomènes par lesquels s'engendre une pensée, mais non au produit de l'acte cérébral.

Que ressort-il de cet exposé ?

Rappelons d'abord que, depuis cette discussion, Tanzi (2) a vérifié le postulat de M. Armand Gautier. Par

(1) G.-A. Hirn : *La thermo-dynamique et le travail chez les êtres vivants* (Rev. scient., 1887, t. XXXIX) — XI. *Aperçu sur le travail intellectuel. — Ressemblances et dissemblances existant entre le travail mécanique et le travail intellectuel*, p. 781.

(2) Tanzi : *Ricerche termo-elettriche sulla corteccia cerebrale in relazione con gli stati emotivi*, Reggio-Emilia, 1889.

une étude attentive de la température pendant le travail cérébral, Tanzi a constaté des oscillations thermiques, des alternances d'échauffement et de refroidissement, qui seraient en parfaite analogie avec les oscillations thermiques du muscle en travail. « Le fait, dit-il, qu'à la production du travail fonctionnel correspond un refroidissement du cerveau, suivi d'une élévation de température en rapport avec le repos, confirme avec éclat l'idée suivant laquelle il y a équivalence et convertibilité réciproque entre l'énergie psychique et les autres formes de l'énergie, celle de la chaleur en particulier » (p. 38).

Sans aller aussi loin que Tanzi dans la conclusion qu'il prétend tirer de ses recherches, il faut bien reconnaître qu'elles viennent fortifier l'hypothèse d'une équivalence entre les processus thermiques et psychiques.

L'argument tiré par Herzen de la loi de corrélation des forces physiques nous semble aussi d'une grande valeur : un mouvement ne peut disparaître, un autre mouvement ne peut surgir du néant.

Voilà de fortes présomptions en faveur de la thèse qui soutient que les processus physico-chimiques sont avec les phénomènes psychiques en relation de cause à effet.

Mais, pour en fournir la démonstration, il faudrait établir qu'il existe entre ces deux séries de phénomènes des rapports quantitatifs, qu'ils sont d'intensités proportionnelles. Tant que nous ne saurons pas doser les processus psychiques, nous ne pourrons tenter cette preuve.

Et jusque là, quels que soient les concomitants matériels qu'il nous arrive de découvrir, nous n'aurons pas le droit d'affirmer une relation de causalité : la relation pourrait n'être qu'indirecte.

Si donc des modifications chimiques de l'urine viennent nous manifester l'influence du travail intellectuel, nous n'en devons conclure qu'à la coexistence parallèle de processus de désassimilation et de l'activité mentale.



II

Historique des travaux sur les variations urinaires dans le travail intellectuel, la veille et le sommeil.

Nous allons passer en revue les principaux travaux relatifs à l'influence du travail intellectuel sur la composition de l'urine ; nous donnerons ensuite quelques renseignements historiques sur les différences trouvées entre le jour et la nuit, entre la veille et le sommeil, c'est-à-dire, entre des états d'activité cérébrale plus ou moins marquée.

Mosler (1), expérimentant avec un régime alimentaire uniforme, a trouvé que, pour un même volume d'urine, sous l'influence d'un travail intense de l'esprit, l'acide phosphorique total augmente de moitié et l'acide phosphorique combiné aux alcalis, d'un quart ; la quantité de l'acide phosphorique uni aux terres devient trois fois plus grande.

Hammond (2), qui s'est mis lui-même en expérience

(1) E. Mosler : *Beiträge zur Kenntniss der Urinabsonderung bei gesunden, schwangern und kranken Personen u. s. w.* Inauguralabhandlung, Giessen, 1853, p. 13.

(2) Hammond : *The american journ. of. med. sciences*, Apr. 1856.

pendant dix jours, avec une alimentation uniforme, a trouvé que le travail intellectuel augmente la quantité d'urine, l'urée, le chlorure de sodium, les acides sulfurique et phosphorique.

Henri Byasson (1) s'est demandé s'il y a une relation entre le travail du cerveau et l'élimination, par l'urine, de produits de désassimilation dus au fonctionnement de cet organe. A priori, la relation existe. Pour l'établir expérimentalement, il faudra supprimer toutes autres influences pouvant faire varier la composition de l'urine.

Byasson fait d'abord connaître les méthodes analytiques employées par lui :

L'urée a été dosée par le procédé de Liebig, mais il n'est pas question de corrections pour la dilution, les chlorures, etc (2).

L'acide urique a été pesé après précipitation par l'acide chlorhydrique.

Pour l'acide phosphorique, l'auteur a eu recours au procédé de Leconte, à l'azotate d'urane. Il opère sur des liqueurs neutres ou très peu acidifiées par l'acide acétique, dont il ne semble pas s'inquiéter de prendre toujours une même quantité. Il place un volume déterminé de liqueur d'urane dans un vase à précipité, et y verse, avec une

(1) Henri Byasson : *Essai sur la relation qui existe à l'état physiologique entre l'activité cérébrale et la composition des urines* (Thèse de Paris, 1868).

(2) La réaction indicatrice finale n'est appréciable qu'avec une assez grande incertitude. « On peut commettre très facilement, dans ce dosage, une erreur de 0 cc 4 à 0 cc 8, ce qui tient à la difficulté de voir le moment où apparaît la couleur jaune ; admettons en moyenne une erreur de 0 cc 5, cela fait par litre une erreur de 5 décigrammes ». (Ritter, *Thèse de doctorat ès sciences*, p. 8).

burette graduée, la solution renfermant l'acide phosphorique. Il effectue à froid cette précipitation. Comme réactif indicateur, il emploie du papier au ferrocyanure de potassium. Il en jette dans le liquide de petits fragments qui d'abord sont colorés en rouge-brun par la liqueur titrée. Cette coloration va s'affaiblissant au fur et à mesure que se précipite le sel d'uranium ; l'opération est poursuivie jusqu'à ce que le papier ne se teinte plus de rose.

L'acide sulfurique, le chlore, la chaux, la magnésie, la potasse, ont été dosés sous forme de sulfate de baryte, de chlorure d'argent, d'oxalate de chaux pesé à l'état de carbonate, de phosphate ammoniaco-magnésien, et de chloroplatinate.

Pendant vingt-et-un jours, Byasson s'est mis en expérience et a recueilli toutes ses urines, par vingt-quatre heures.

L'alimentation a été mixte, mais principalement animale, durant douze de ces journées pour lesquelles on n'a noté ni les qualité et quantité des ingesta, ni le genre d'occupation. Les analyses se référant à cette période n'ont eu d'autre but que de faire connaître l'influence du régime et de permettre d'établir d'utiles comparaisons.

Pendant neuf autres jours, l'expérimentateur s'est soumis à une alimentation régulière, ingérant quotidiennement, en quatre repas, 1500 centimètres cube d'eau et 750 grammes d'un pain ou gâteau préparé avec : farine de blé, 1 kilogramme ; œufs, 6 ; beurre, 125 grammes ; sucre, 60 grammes ; eau, quantité suffisante ; plus, une petite quantité, non pesée, de sel marin. Pendant ce temps, son poids n'a pas subi de variation et s'est maintenu à 53 kilo-

grammes ; mais la sévérité du régime fit que Byasson eut parfois besoin de tout son courage pour arriver au bout de la ration.

Les heures de coucher et de lever étaient 11 heures et 7 heures ; la durée du sommeil, à très peu près uniforme, fut de 7 heures effectives.

Byasson consacrait les premières heures de chaque journée aux dosages qui ne pouvaient souffrir de retard. Dans l'après-midi et la soirée, il y eut, aux divers jours, travail musculaire (5 à 6 heures), travail cérébral (6 à 7 heures) ou repos qui se succédèrent dans l'ordre suivant : travail musculaire, travail musculaire, travail cérébral, repos, repos, travail cérébral, travail musculaire, repos et travail cérébral.

Pour faire du travail musculaire, l'auteur bêchait, marchait, montait et descendait des marches d'escalier ; le travail cérébral consistait en étude sur la géométrie analytique, lecture attentive de chimie ou de physiologie, rédaction, calcul algébrique, audition de musique, exaltation factice de l'imagination.

En expérimentant ainsi, Byasson obtint des résultats que nous ne pouvons reproduire en détail, mais qui se trouvent résumés dans son *tableau n° 11, indiquant les différentes moyennes relatives à la composition des urines* (p. 48).

Voici ce tableau, d'où nous avons retranché, en raison de leur médiocre intérêt, quatre colonnes donnant les quantités des *substances solides anhydres*, des *sels anhy-*

dres, des substances organiques non dosées, et des substances minérales non dosées, soude, fer, etc.

	MOYENNE DE LA COMPOSITION DES URINES POUR LES JOURS				
	de régime mixte animal	de régime uniforme sans viande	de repos	d'activité cérébrale	d'activité musculaire
Quantités en cent. cubes.	1432	1074	1157	1320	752
Densité	1017	1012	1010	1010	1016
Acidité exprimée en potasse anhydre..	0.4858	0.1777	0.117	0.117	0.300
Urée.....	34.47	22.41	20.46	23.88	22.89
Acide urique.....	0.3722	0.1632	0.132	0.136	0.222
Acide phosphorique anhydre.....	1.9707	1.6534	1.5080	1.9777	1.4779
Acide sulfurique anhydre.....	1.0540	0.5982	0.4646	0.9424	0.3878
Chlore.....	4.6193	0.8400	1.2239	0.4169	0.8792
Chaux	0.2544	0.1252	0.1264	0.1242	0.1251
Magnésie.....	0.1555	0.1142	0.1099	0.1153	0.1173
Potasse.....	0.3700	0.2716	0.2531	0.2674	0.2943

Ces chiffres mettent en évidence, tout d'abord, le changement dans la proportion des diverses substances de l'urine lorsque le régime est modifié ; les quantités d'urée, notamment, présentent entre elles un écart considérable.

Pendant les neuf jours de régime uniforme, les principales variations observées ont été les suivantes :

La *quantité* minima de l'urine correspond aux jours de travail musculaire (activité accrue de l'exhalation pulmonaire et production d'une plus grande quantité de sueur), la quantité maxima, aux jours d'activité cérébrale (abondance des urines dites nerveuses).

La *densité* varie en sens inverse de la quantité.

L'*acidité* de l'urine et la proportion d'*acide urique* que ne modifie pas l'état de repos ou d'activité cérébrale, sont, au contraire, augmentées par l'activité musculaire.

Le minimum de l'*urée* correspond aux jours de repos ; les maxima s'observent aux jours d'activité musculaire et d'activité cérébrale.

Les *acides phosphorique* et *sulfurique* augmentent par l'activité cérébrale. L'activité musculaire fournit plus de *chlore* que l'activité cérébrale, mais moins toutefois que le repos. Ce dernier fait tient à ce que le chlorure de sodium est le sel le plus abondant de la sueur, dont la sécrétion est activée par l'exercice musculaire.

Ces conclusions, Byasson les résume ainsi : « L'exercice de l'activité cérébrale proprement dite ou de la pensée s'accompagne de la production plus abondante et de l'apparition simultanée dans les urines, d'*urée*, de phosphates et de sulfates alcalins.

« L'exercice de l'activité musculaire s'accompagne de la production plus abondante et de l'apparition simultanée dans les urines, d'*urée*, d'*acide urique* et de chlorure de sodium » (p. 66).

Ces résultats, pour nous, sont fort incertains. Les manuels opératoires, suivis dans le dosage de l'*urée* et de l'*acide phosphorique*, permettent des erreurs considérables. En outre, le régime observé n'est qu'en apparence régulier : nous ne pouvons admettre, comme unité, l'*œuf*, dont le poids varie facilement de 10 et 15 grammes. Les quantités d'*albumine* ingérée — et, conséquemment, d'*urée* excrétée — ne présentent donc pas, aux divers jours de l'expérience, de réelle uniformité.

Wood (1) estime que, pour apprécier l'influence du travail de l'esprit, la seule détermination de l'acide phosphorique total ne suffit pas. Mais le dosage différentiel des phosphates montre que l'activité mentale produit une légère augmentation des phosphates alcalins et une diminution de vingt à quarante pour cent des phosphates terreux. Inversement, « l'augmentation des phosphates terreux est constante, quand diminue le travail de l'esprit » (p. 6). Là-dessus, Wood édifie cette hypothèse que, en fonctionnant, le cerveau, comme le muscle, se développe, et qu'il s'empare des principes nécessaires à son accroissement, dont la désassimilation se trouve ainsi réduite.

Dans sa thèse de doctorat ès-sciences (2), M. Ritter, sans citer de chiffres, dit incidemment avoir obtenu des résultats différents de ceux de Byasson.

« M. Byasson, écrit-il, a annoncé que l'activité musculaire augmentait l'urée, l'acide urique et le chlore, tandis que l'activité cérébrale augmenterait l'urée d'une quantité plus forte, ainsi que les sulfates et les phosphates. J'ai contrôlé ces faits et je ne suis pas d'accord avec Byasson ; les écarts que j'ai constatés, ne sont pas aussi forts, et ne sont pas dans le même sens » (p. 17, en note).

D'après Strübing (3) et Züelzer (4), le travail intellectuel augmente la quantité de l'acide phosphorique urinaire.

(1) Luther Hodges Wood : *Researches on the influence of mental activity upon the excretion of phosphoric acid by the kidneys (from the proceedings of the Connecticut medical Society, 1869).*

(2) *Des modifications chimiques que subissent les sécrétions sous l'influence de quelques agents qui modifient le globule sanguin*, thèse de Paris, 1872.

(3) Strübing: *Phosphorsäure unter Einflusse excitirender und deprimirender Mittel* (Archiv f. exp. Path. und Pharm., 1876, t. VI, p. 266).

(4) W. Züelzer : *Ueber das Verhältniss der Phosphorsäure zum Stickstoff im Urin* (Archives de Virchow, 1876, t. LXVI, p. 223).

M. Garnier (1), rapportant l'observation que lui communiqua M. Ritter, d'un diabétique chez qui le coït provoquait régulièrement une augmentation simultanée de la glucose et de l'acide phosphorique — surtout de l'acide phosphorique uni aux alcalis — se croit, « jusqu'à un certain point, en droit de conclure avec Byasson, que l'acide phosphorique est un des produits de désassimilation de la substance nerveuse, et qu'il augmente dans l'urine après le travail intellectuel ou une surexcitation nerveuse » (p. 46).

M. Fustier (2) trouve que l'activité cérébrale augmente l'acidité de l'urine.

Speck (3) a écrit, sur les relations de l'activité cérébrale et de la désassimilation, un long mémoire où les recherches personnelles tiennent une place relativement restreinte. L'intérêt en est d'ailleurs minime, l'auteur ayant expérimenté dans des conditions telles que ses résultats ne peuvent rien prouver, comme il est contraint de le reconnaître lui-même.

Négligeant de s'astreindre à un régime rigoureusement uniforme et faisant par jour 2 à 3 heures de travail intellectuel, il n'a pas constaté d'augmentation de l'urée. Il a, au contraire, trouvé une quantité plus considérable de cette substance pendant la période de repos de l'esprit. Speck déclare d'ailleurs n'attacher aucune importance à

(1) Léon Garnier : *Etude chimique du système nerveux*, Nancy, 1877.

(2) A. Fustier : *Essai sur la réaction de l'urine* (Thèse de Paris, 1879, p. 55).

(3) C. Speck : *Untersuchungen über die Beziehungen der geistigen Thätigkeit zum Stoffwechsel* (Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacologie, 1881, t. XV, p. 81-145).

cet essai. De fait, le travail était bien court pour qu'on pût légitimement s'attendre à le voir marquer son action sur l'excrétion de l'urée. Quant à l'augmentation de cette substance, pendant la période de repos, Speck l'attribue à l'abaissement de la température: le froid produisait une diminution de la perspiration cutanée.

Ayant dit que les différences entre la veille et le sommeil sont à prendre en considération pour l'étude de la désassimilation pendant l'activité cérébrale, il indique avoir trouvé une quantité d'acide phosphorique égale, par heure, à 0 gr. 082 pour le jour et à 0 gr. 100 pour la nuit. Puis il ajoute que les recherches sur le sommeil ne peuvent rien prouver, car on ne peut distinguer ce qui est attribuable au repos du cerveau de ce qui revient au repos du corps.

Il conclut : « Le résultat final de mes essais est celui-ci : que l'activité de l'esprit n'a aucune influence directe sur la désassimilation générale. Les échanges moléculaires dans le cerveau... ne sont donc pas des processus d'oxydation, ou bien sont trop faibles pour être accessibles à nos méthodes d'investigation » (p. 144).

Au cours de *Recherches sur l'élimination de l'acide phosphorique chez l'homme sain, l'aliéné, l'épileptique et l'hystérique* (1), M. le professeur Mairét a étudié les rapports qui existent entre l'élimination de l'azote et de l'acide phosphorique (total, uni aux terres, uni aux alcalis) d'une part, le travail musculaire, le travail intellectuel et la nutrition d'autre part.

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, séances des 5 et 12 juillet 1884, p. 438 et 461.

Les conclusions auxquelles il aboutit sont intéressantes. Celles, surtout, relatives aux variations des phosphates alcalins et terreux auraient une grande importance, si l'irrégularité de la méthode analytique mise en œuvre ne les entachait d'un vice radical (1). Elles ne suffisent donc pas à entraîner la conviction.

Voici ces conclusions de M. Mairé :

Travail musculaire. — « 1° L'acide phosphorique est lié à la nutrition et au fonctionnement des muscles.

« 2° Le travail musculaire marque son action sur l'acide phosphorique éliminé par les urines, en augmentant le chiffre de l'acide phosphorique uni aux alcalis ».

Travail intellectuel. — « 1° L'acide phosphorique est intimement lié à la nutrition et au fonctionnement du cerveau. Le cerveau, en fonctionnant, absorbe de l'acide phosphorique uni aux alcalis et rend de l'acide phosphorique uni aux terres.

« 2° Le travail intellectuel retentit sur la nutrition en général, qu'il ralentit.

« 3° Le travail intellectuel modifie l'élimination de l'acide phosphorique par les urines ; il diminue le chiffre de l'acide phosphorique uni aux alcalis, et augmente le chiffre de l'acide phosphorique uni aux terres ».

Nutrition générale. — « L'acide phosphorique est lié à la nutrition générale ; dans ce cas, l'élimination des

(1) Voir, au chapitre *Méthodes analytiques*, la discussion sur le dosage différentiel de l'acide phosphorique combiné aux alcalis et terres.

phosphates, phosphates neutres et phosphates alcalins, suit une marche parallèle à la décomposition des matières albuminoïdes, c'est-à-dire à l'élimination de l'azote. »

En d'autres termes, « l'activité musculaire augmente l'excrétion de l'acide phosphorique uni aux alcalis et de l'azote et laisse intact ou diminue le rendement de l'acide phosphorique uni aux terres ; le travail intellectuel, au contraire, augmente l'excrétion des phosphates terreux et diminue l'élimination de l'azote et de l'acide phosphorique uni aux alcalis ; enfin la nutrition générale agit dans le même sens sur les deux espèces de phosphates et sur l'azote. L'étude comparative de l'acide phosphorique uni aux terres, de l'acide phosphorique uni aux alcalis et de l'azote permet donc de distinguer ce qui revient au système nerveux de ce qui revient au système musculaire et à la nutrition générale lorsque ces facteurs agissent simultanément » (p. 461).

Ici nous devrions, semble-t-il, nous arrêter dans l'analyse du travail de M. Mairet : la seconde partie de son mémoire est, en effet, consacrée à l'élimination de l'acide phosphorique dans divers états pathologiques. Toutefois, s'il est vrai que la pathologie n'est que « la physiologie dérangée », les observations de l'une peuvent être aussi utiles à l'autre que ses expériences mêmes : la physiologie n'a pas le droit de se priver du secours de la pathologie.

De fait, les recherches de M. Mairet sur l'aliéné corroborent puissamment les résultats obtenus chez l'homme sain, aussi indiquerons-nous ses conclusions relatives à la manie et à la lypémanie. Mais nous négligerons, pour

son intérêt moindre, ce qu'il dit de l'épilepsie et de l'hystérie.

Pour M. Mairet, « l'état maniaque » peut être divisé, relativement à l'influence qu'il exerce sur l'élimination de l'acide phosphorique et de l'azote, en quatre périodes : agitation, dépression, rémission et convalescence, qui se comportent de la manière suivante :

	AZOTE	ACIDE PHOSPHORIQUE TOTAL	ACIDE PHOSPHORIQUE UNI AUX TERRES	ACIDE PHOSPHORIQUE UNI AUX ALCALIS
Agitation	Augmenté	Augmenté	Augmenté	Augmenté
Dépression...	Diminué	Diminué	Augmenté	Diminué
Rémission ...	Diminué	Diminué	Diminué	Diminué
Convalescence	Diminué	Diminué	Diminué	Diminué

Laissant de côté ce qui a trait à la rémission et à la convalescence, pour ne s'occuper que des périodes d'agitation et de dépression, M. Mairet, d'après ces résultats, rattache l'augmentation des phosphates terreux aux troubles intellectuels, et celle des phosphates alcalins à l'élément agitation. Dans la période de dépression persistent à la fois des troubles psychiques et l'augmentation de l'acide phosphorique uni aux terres, tandis que, l'agitation ayant disparu, le chiffre de l'acide phosphorique uni aux alcalis diminue. De même que l'augmentation des phosphates alcalins, celle de l'azote, pendant la période d'agitation, est attribuable à la suractivité du système musculaire, mais pour une part seulement, car il y a en même temps suractivité de la nutrition générale, qui est,

au contraire, ralentie dans la période de dépression où l'on observe une diminution de l'azote. Ce ralentissement de la nutrition à la période de dépression contribue aussi à diminuer les phosphates alcalins.

« La lypémanie, lorsqu'elle a une certaine intensité, augmente le chiffre de l'acide phosphorique uni aux terres et diminue le chiffre de l'acide phosphorique uni aux alcalis et de l'azote. Elle modifie donc l'élimination de ces substances de la même manière que le travail intellectuel et les modifications produites sont susceptibles dans les deux cas des mêmes interprétations » (p. 463).

M. Mairet conclut que les modifications constatées dans l'élimination des phosphates sont indépendantes de la forme que revêt l'activité nerveuse ; « elles sont les mêmes lorsque celle-ci s'exprime par des troubles de l'idéation comme dans l'aliénation mentale ou par des troubles d'un autre ordre comme dans l'épilepsie ; elles sont les mêmes peu importe la forme que revêt l'idéation ; on les retrouve en effet dans les deux formes les plus opposées de l'aliénation mentale, dans la manie et la lypémanie » (p. 465) comme dans le travail intellectuel physiologique.

Pour les rapprocher de ces résultats de M. Mairet, nous résumons en quelques lignes celles des conclusions d'un travail de M. Lailler (1) qui se rapportent à la manie et à la lypémanie.

(1) A. Lailler : *Sur l'élimination de l'acide phosphorique par l'urine, dans l'aliénation mentale et l'épilepsie* (C. R., 1884, 2^e semestre, t. XCIX, p. 572-573).

Il a trouvé :

L'ACIDE PHOSPHORIQUE : — *Normal*, dans la manie simple et dans la lypémanie sans agitation ;

Augmenté : notablement, dans le délire aigu, dans la manie aiguë ; légèrement, dans la manie avec excitation et dans la lypémanie à l'état aigu ou avec excitation.

L'URÉE : — *Normale*, dans la manie avec excitation, la manie simple et la lypémanie sans agitation ;

Augmentée : notablement, dans le délire aigu, dans la manie aiguë et dans la lypémanie à l'état aigu ou avec excitation.

D'après Gamgée (1), le travail intellectuel augmenterait un peu le chiffre de l'urée.

En résumé, comme modifications de l'urine sous l'influence du travail intellectuel, les auteurs précités ont trouvé :

Le VOLUME — *augmenté* : Hammond, Byasson.

L'ACIDITÉ — *augmentée* : Fustier ;

— *égale* : Byasson.

Le CHLORURE DE SODIUM — *augmenté* : Hammond ;

— *diminué* : Byasson.

L'ACIDE SULFURIQUE — *augmenté* : Hammond, Byasson.

L'ACIDE PHOSPHORIQUE TOTAL — *augmenté* : Mosler, Hammond, Byasson, Strübing, Züelzer.

L'ACIDE PHOSPHORIQUE TOTAL — *diminué* : Mairét.

(1) Cité par A. Gautier : *Cours de chimie*, t. III, (*Chimie biologique*), 1892, p. 614.

L'ACIDE UNI AUX ALCALIS — *augmenté* : Mosler, Hodges Wood ;

L'ACIDE UNI AUX ALCALIS — *diminué* : Mairét.

L'ACIDE UNI AUX TERRES — *augmenté* : Mosler, Mairét ;
— *diminué* : Hodges Wood.

L'URÉE — *augmentée* : Hammond, Byasson, Gamgée ;
— *diminuée* : Speck, Mairét.

L'ACIDE URIQUE — *égal* pour les jours de travail et de repos cérébral : Byasson.

Ces nombreux travaux sont, on le voit, absolument contradictoires. La plupart sont passibles de graves objections pour l'incorrection des procédés analytiques employés ou les conditions expérimentales, mal réglées, dans lesquelles ils ont été obtenus.

Il est impossible à l'examen de ce tableau de se faire une opinion — même de simple probabilité — sur les modifications que peut imprimer à l'urine le travail intellectuel.

Nous croyons devoir compléter cet historique par une rapide revue des travaux relatifs à la désassimilation comparée des états de veille et de sommeil. Sans doute, le sommeil ne réalise pas le repos absolu de l'esprit ; le rêve est un travail mental au même titre que l'idéation de la veille ; et encore, bon nombre de rêves restent-ils pour nous insoupçonnés, dont le souvenir n'a pas survécu au réveil. Niera-t-on pour cela que pendant le sommeil notre activité cérébrale soit, en règle générale, considérablement ralentie ? Evidemment non.

La comparaison des urines de la nuit et du jour est

donc intéressante ; elle peut nous renseigner sur les variations de la désassimilation dans ces deux états : l'un de repos relatif, l'autre d'activité modérée. Les conclusions qu'on en tirera, pour contrôler les résultats fournis par des recherches plus directes sur l'influence du travail intellectuel, seront légitimes, à condition, toutefois, que l'on compare des temps égaux, succédant à même distance à des repas identiques, sans oublier que dans le sommeil il n'y a pas seulement ralentissement de l'activité cérébrale, mais encore repos de l'organisme tout entier.

Breed (1) conclut de ses recherches que, sous l'influence du sommeil, la quantité de l'acide phosphorique urinaire diminue. Ses analyses lui donnent, pour 1000^{cc} d'urine, les moyennes suivantes : pendant le sommeil, 2 gr. 284 d'acide phosphorique ; pendant la veille, 2 gr. 763. Cette différence ne dépend pas de l'ingestion de quantités plus ou moins considérables de liquide : chez un homme qui avait bu beaucoup d'eau, Breed a trouvé d'acide phosphorique, pour 1000^{cc} d'urine, pendant le sommeil, 1 gr. 755, pendant la veille, 2 gr. 130 ; chez un autre qui avait bu peu d'eau, 3 gr. 599 pour le sommeil, 3 gr. 979 pour la veille (p. 154 et seq.).

Pour Winter (2), la quantité d'acide phosphorique éliminé diminue pendant la nuit et davantage encore le matin. Cependant ses observations isolées montrent que,

(1) Breed : *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1851, t. LXXVIII, p. 150 et seq.

(2) A. Winter : *Beiträge zur Kenntniss der Urinabsonderung bei Gesunden*. Inauguralabhandlung, Giessen, 1852.

pour 1000 parties, l'urine de la nuit est presque régulièrement plus riche en acide phosphorique que l'urine du jour (p. 34).

Mosler (1), lui aussi, a trouvé moins d'acide phosphorique la nuit que le jour (p. 12).

Au contraire, Kaupp (2) a constaté pour la nuit une plus forte élimination d'acide phosphorique; mais il considère ce fait comme une particularité individuelle.

Sick (3) a trouvé des chiffres égaux d'acide phosphorique pour la nuit et pour le jour. Cependant, il en conclut, avec Kaupp, à une élimination plus active de cet acide pendant la nuit; s'il en était autrement, dit-il, le repas du soir étant moins copieux que celui de midi, une diminution nocturne aurait dû se produire dans la quantité de l'acide phosphorique urinaire.

D'après Hammond (4), la quantité d'acide phosphorique éliminée en une heure est plus élevée pour le matin que pour l'après-midi et la nuit.

D'après Boecker (5), l'acide urique et l'acide phosphorique combiné aux alcalis diminuent notablement pendant le sommeil, tandis qu'il se produit une augmentation de la quantité d'urine sécrétée, de l'eau, des matières solides et de l'urée.

(1) F. Mosler : *Beiträge zur Kenntniss der Urinabsonderung bei gesunden, schwangern und kranken Personen u. s. w.* Inauguralabhandlung, Giessen, 1853.

(2) W. Kaupp : *Archiv f. physiol. Heilkunde*, 1856, p. 125 et p. 556.

(3) P. Sick : *Versuche über die Abhängigkeit des Phosphorsäuregehaltes des Urins von der Phosphorsäurezufuhr* (*Archiv für physiol. Heilkunde*, 1857, p. 482).

(4) Hammond : *Schmidt's Jahrbücher*, 1858, N° 1, p. 3.

(5) Boecker : *Archiv f. gemeinsch. Arbeiten*, t. II, p. 11.

A. von Haxthausen (1) admet pour les heures de nuit une augmentation d'acide phosphorique, dont le minimum se rencontrerait le matin ; l'élimination serait moyenne l'après-midi.

Vogel (2) trouve une quantité d'acide phosphorique moindre la nuit que la jour.

Noyes (3) a constaté que les phosphates alcalins augmentent considérablement pendant le jour. Il voit dans ce fait l'explication de l'alcalinité de l'urine du jour, opposée à l'acidité de l'urine de la nuit.

Des analyses comparatives des urines du jour et de la nuit ont donné à Mendel (4) des résultats qui, rapportés à l'heure, indiquent une élimination de l'acide phosphorique plus intense la nuit que le jour.

D'après lui, « dans l'urine sécrétée la nuit, l'acide phosphorique forme une fraction notablement plus grande des substances solides que dans l'urine sécrétée le jour » (p. 645). Cette proportion plus élevée d'acide phosphorique n'est pas sous la dépendance de l'alimentation ; elle est due à une modification dans le chimisme général du corps.

Dans un très intéressant travail de M. le professeur

(1) A. von Haxthausen : *Acidum phosphoricum urinæ et excrementorum*, Diss. inaug., Halle, 1860.

(2) C. Neubauer et J. Vogel : *Anleitung zur qualitativen und quantitativen Analyse des Harns*, 4 Aufl., 1863, p. 328.

(3) T. R. Noyes : *Exper. researches on the excretion of uræa*. (*Amer. journal of the med. scienc.*, Oct. 1867).

(4) E. Mendel : *Die phosphorsäure im Urin von Gehirnkranken* (*Archiv für Psychiatrie und Nerven krankheiten*, 1872, t. II, p. 636-672).

Beaunis (1), nous trouvons une excellente étude de cette question de l'élimination de l'acide phosphorique pendant le jour et la nuit, pendant la veille et le sommeil.

Pendant 46 jours, M. Beaunis fit des recherches sur lui-même. Les chiffres moyens relatifs à l'emploi du temps ont été, pour cette période : 6 h. 1/2 de sommeil, 17 h. 1/2 de veille (lever 5 heures ; coucher 9 heures) et 7 heures de travail cérébral (travail intellectuel, lecture, étude, composition, calculs, correction d'épreuves, théâtre). M. Beaunis suivit son régime alimentaire ordinaire, sans rien changer à son genre de vie et à ses habitudes (poids, 70 kilogr.). Les dosages d'acide phosphorique furent exécutés par le procédé à l'acétate d'urane.

Les moyennes des résultats obtenus sont, par jour :

A	Acide phosphorique en 24 heures	2.133 gr.
B	Acide phosphorique total pour le lever	1.374 —
C	— — — coucher	0.758 —
D	Acide phosphorique par heure de lever	0.091 —
E	— — — coucher	0.084 —
F	— — — journée	0.088 —
G	Rapport de D = 100 à E	92

La quantité moyenne (2 gr. 133) d'acide phosphorique éliminée en 24 heures, correspond à 0 gr. 88 par heure et à 0 gr. 0304 par jour et par kilogramme de poids vif.

(1) H. Beaunis : *Recherches sur l'influence de l'activité cérébrale sur la sécrétion urinaire et spécialement sur l'élimination de l'acide phosphorique* (Revue médicale de l'Est, 1882 et : *Recherches expérimentales sur les conditions de l'activité cérébrale*, Paris, 1884).

La moyenne est de 0 gr. 0894 par heure de jour (6 heures du matin à 6 heures du soir), 0 gr. 0871 par heure de nuit (6 heures du soir à 6 heures du matin).

Dans le tableau suivant, M. Beaunis rapproche de ce résultat les chiffres donnés par divers physiologistes :

	QUANTITÉ D'ACIDE PHOSPHORIQUE PAR HEURE		RAPPORT DES DEUX QUANTITÉS	
	JOUR	NUIT	JOUR	NUIT
Hammond.	0gr200	0gr119	100	59 —
Förster.	0.139	0.095	100	68 —
Züelzer.	0.090	0.087	100	96 —
Beaunis.	0.0894	0.0871	100	97 —
Speck (mouvement) ..	0.134	0.134	100	100 =
Edlefsen... ..	0.0857	0.0869	100	101 +
Kaupp.	0.143	0.173	100	120 +
Speck (repos).	0.082	0.100	100	122 +

Si au lieu de partager la journée en 12 heures de jour et 12 heures de nuit, on la partage en : matinée, après-midi et nuit, on trouve, dit M. Beaunis, que le minimum d'acide phosphorique tombe dans la matinée. Ce résultat concorde avec ceux de tous les auteurs ; mais des divergences se produisent sur la question de savoir à quel moment doit se placer le maximum de l'élimination.

Il est très difficile d'arriver à comparer rigoureusement les heures de veille et les heures de sommeil, au point de vue de l'excrétion de l'acide phosphorique, parce qu'il est à peu près impossible de recueillir les urines de façon à

ce qu'elles correspondent exactement à ces deux états. Aussi, M. Beaunis s'est-il contenté d'étudier les urines, d'une part, pour le temps pendant lequel il était resté levé, d'autre part, pour le temps pendant lequel il était resté couché. On n'obtient ainsi qu'une approximation, mais elle est justifiée par la prédominance de la *veille* dans les heures du *lever* et du *sommeil* dans les heures du *coucher*.

La moyenne de l'acide phosphorique a été de : 0,091 pour les heures de lever ; 0,084 pour les heures de coucher. Les minima et maxima ont été : pour le lever, 0,072 et 0,116 (différence 0,044) ; pour le coucher, 0,059 et 0,108 (différence 0,049). Les écarts sont donc assez considérables.

Deux fois environ sur trois la quantité d'acide phosphorique par heure de lever a été supérieure à celle de l'heure de coucher (supérieure 26 fois ; égale, 2 fois ; inférieure, 13 fois — pour 41 jours où l'on fit des analyses comparatives). Si l'on fait égale à 100 la quantité d'acide phosphorique éliminé par heure de lever, on a par heure de coucher : moyenne, 92 ; minimum, 57 ; maximum, 136.

Enfin, il y a plus de différence, au point de vue de l'acide phosphorique éliminé par heure, entre le lever et le coucher qu'entre le jour et la nuit :

Lever.....	0,0910		Jour.....	0,0894
Coucher.....	0,0840		Nuit.....	0,0871
Différence...	0,0070		Différence...	0,0023

Cette différence est également manifeste, si au lieu de

prendre les chiffres absolus, on prend le rapport des deux quantités :

Lever	100,0		Jour	100,0
Coucher	92,3		Nuit	97,4

Dans sa *Physiologie*, M. Beaunis (1), parlant des variations fonctionnelles de la composition de l'urine, résume ainsi, d'après divers auteurs, les modifications que le sommeil fait subir à cet excretum :

« Le *sommeil* diminue la quantité d'urine ; en même temps, l'urée, le chlorure de sodium, les sulfates sont en plus faible quantité ; contrairement à l'assertion de Kaupp et de quelques auteurs, il en est de même des phosphates, d'après mes recherches (2)... »

Breisacher (3) a, pendant dix jours, dosé l'azote et l'acide phosphorique dans ses urines de la nuit, du matin et ce l'après-midi.

Les quantités d'acide phosphorique ont été, en moyenne, maxima pour l'après-midi et minima pour le matin.

Le minimum d'azote excrété correspondit 9 fois sur 10 à l'urine de la nuit.

Le rapport de l'acide phosphorique à l'azote (égal à 100)

(1) H. Beaunis : *Nouveaux éléments de physiologie humaine*, 3^e édition, 1888, t. II, p. 173.

(2) Ces recherches dont parle M. Beaunis, sont celles-là mêmes que nous venons de rapporter.

(3) L. Breisacher : *Zur Physiologie des Schlafes* (*Archiv für Physiologie*, 1891, p. 321).

fut en moyenne : pour la nuit, 18,9 ; pour le matin, 13,7 et pour l'après-midi, 14,6.

Cet auteur conclut qu'il n'y a pas de différences fondamentales entre les échanges nutritifs des centres nerveux à l'état de veille et à l'état de sommeil.

Résumons ces travaux relatifs aux variations des éléments urinaires pendant les temps vigils et morpheïques, ou, plus exactement, pendant le jour et la nuit.

L'acide phosphorique a été trouvé, pour la nuit :

Augmenté, par Kaupp (qui voit là une particularité individuelle), v. Haxthausen, Mendel, Züelzer (d'après un certain nombre de ses recherches) et Speck (repos) ;

Egal à celui du jour, par Sick (qui conclut cependant à une élimination de l'acide phosphorique plus active la nuit, pour cette raison que le repas du soir étant moins copieux une diminution aurait dû se produire), Speck (mouvement), Edlefsen (1) (différence insignifiante) et Deecke (2) ;

Diminué, par Breed, Winter, Mosler, Hammond, Böcker, Vogel, Noyes, Beaunis, Förster (3), Züelzer (chez un convalescent).

Réparti entre la matinée, l'après-midi et la nuit, l'acide phosphorique a son

MINIMUM : *Le matin*, d'après Winter, Edlefsen, Züelzer

(1) G. Edlefsen, cité dans le mémoire de M. Beaunis.

(2) Th. Deecke : *Urea and Phosphoric acid in the urine in anemia* (Amer. Jour. of. insan., 1879).

(3) J. Förster, cité par M. Beaunis.

(3 cas sur 4), Neubauer (3 cas sur 4 ; pour le 4^e les chiffres de la matinée et de l'après-midi sont égaux), Speck, v. Haxthausen, Beaunis, Breisacher.

L'après-midi, d'après Züelzer (1 cas sur 4).

MAXIMUM : *Le matin*, d'après Hammond.

L'après-midi, d'après Edlefsen, Züelzer (3 cas sur 4), Neubauer (2 cas sur 4), Speck, v. Haxthausen, Beaunis, Breisacher.

La nuit, d'après Züelzer (1 cas sur 4), Neubauer (2 cas sur 4).

Il semble donc que l'acide phosphorique ait son minimum le matin et son maximum l'après-midi ; son élimination serait moyenne pendant la nuit.

Pour Böcker, le sommeil diminuerait la quantité de l'acide urique et augmenterait le volume de l'urine, l'eau, les matières solides et l'urée.

D'après M. Beaunis, il y aurait diminution du volume de l'urine, du chlorure de sodium, des sulfates et de l'urée. Ce dernier fait concorde avec le résultat obtenu par Breisacher relativement à l'azote dont il a trouvé la quantité moindre la nuit que le jour.

Ces différences dans l'élimination de certains éléments de l'urine — de l'acide phosphorique, en particulier, — pendant le jour et la nuit, pendant la veille et le sommeil, que constatent les travaux précédents, ne permettent pas grande conclusion relativement à l'activité de l'esprit.

Sans doute, les différences sont plus fortes entre la veille et le sommeil qu'entre le jour et la nuit. Cela prouve que pendant la journée d'autres causes — parmi lesquelles

peut-être l'activité cérébrale — viennent s'ajouter à celles qui tiennent au jour lui-même. Mais il faut faire la part de l'activité musculaire et de l'augmentation des excitations sensibles. L'ingestion d'aliments n'est pas non plus à négliger ; elle est vraisemblablement un important facteur de l'augmentation de l'acide phosphorique, généralement trouvée pour le jour.



III

Recherches personnelles

Nos recherches personnelles ont porté sur nous-même.

Pendant onze jours, nous sommes resté en expérience, soumis à un régime que nous détaillerons plus loin, faisant, à certains jours, du travail intellectuel, observant à certains autres le repos de l'esprit le plus complet qu'il nous était possible. Nos urines ont été recueillies et analysées par des méthodes que nous allons d'abord exposer. Nous indiquerons ensuite les conditions de notre expérience, puis les résultats qu'elle nous a donnés.

1° Méthodes analytiques

Le choix des méthodes analytiques a, dans un travail comme celui-ci, une importance capitale. Il est indispensable de faire connaître les procédés de dosage suivis, sans commentaires mais dans tous les détails du manuel opératoire, de façon à permettre d'apprécier leur exactitude et leur sensibilité, c'est-à-dire la valeur des résultats

qu'ils fournissent. On comprend la nécessité de cet exposé, fastidieux sans doute, quand on voit des auteurs conclure sur des résultats analytiques obtenus à l'aide de méthodes qui permettent des erreurs plus grandes que les différences sur lesquelles ils raisonnent, ou comparer des résultats fournis par des méthodes inégalement exactes.

Nous exposerons donc les méthodes analytiques employées par nous. Nous discuterons assez longuement sur le *dosage différentiel des phosphates*, pour justifier une abstention que nous commandait son irrégularité, — justification d'autant plus nécessaire que ce procédé de dosage est très fréquemment utilisé aujourd'hui dans des recherches relatives à certains états nerveux.

DOSAGE DU CHLORE

Le chlore a été dosé au moyen d'une liqueur titrée d'azotate d'argent, avec le chromate de potassium comme réactif indicateur.

10 centimètres cubes d'urine, après addition d'environ 1 gramme de chaux et 3 grammes de nitre purs, sont évaporés au bain de sable et calcinés jusqu'à décoloration. Le résidu est repris par de l'eau acidulée d'acide azotique. On neutralise par un excès de carbonate de calcium pur, on ajoute quelques gouttes de chromate de potassium, et l'on verse la liqueur titrée jusqu'à coloration rose persistante.

DOSAGE DU SOUFRE

L'urine renferme du soufre, engagé dans de multiples

combinaisons : complètement oxydé, dans les sulfates et les dérivés sulfoconjugués ; incomplètement oxydé, dans des composés tels que la cystine et la taurine.

A chaud, le chlorure de baryum précipite : en milieu acétique, le seul soufre des sulfates ; en milieu chlorhydrique, tout le soufre complètement oxydé. Des dosages, faits en présence de ces deux acides, donnent, par différence, le soufre des combinaisons sulfoconjuguées.

Après calcination de l'urine avec du nitrate de potassium, le sel barytique en précipite tout le soufre. On pourrait donc, encore par différence, doser le soufre incomplètement oxydé.

Sans faire ces distinctions, dont l'interprétation entraînerait fort loin, nous avons simplement dosé en bloc le soufre urinaire.

200 centimètres cubes d'urine, additionnés de quelques grammes de carbonate et d'azotate de potassium, sont évaporés au bain-marie et calcinés. On aide à la combustion du charbon par quelques projections de nitre. Le résidu est repris par de l'eau mélangée d'acide chlorhydrique. Du liquide filtré, on précipite, à chaud, l'acide sulfurique, par le chlorure de baryum, ajouté goutte à goutte. L'ébullition est prolongée plusieurs minutes après la dernière addition de réactif. On abandonne au repos jusqu'au lendemain. On décante ; on recueille le précipité sur un filtre, à poids de cendres connu ; puis on lave : d'abord deux ou trois fois avec de l'eau chaude aiguisée de 1 0/0 d'acide azotique, ensuite avec de l'eau bouillante pure, jusqu'à ce que le filtratum ne rougisse plus le tournesol ou ne renferme plus de chlore.

On dessèche à l'étuve le précipité. On sépare le filtre qu'on incinère d'abord ; sur les cendres, on verse quelques gouttes d'acide sulfurique dilué, et l'on évapore au bain de sable. On ajoute le précipité, on calcine, on pèse, et, défalquant les cendres du filtre, on a le poids du sulfate de baryum. Multipliant par 0,3433, on obtient, exprimé en anhydride sulfurique, le soufre total de la quantité d'urine sur laquelle on a opéré.

DOSAGE DU PHOSPHORE

Le phosphore se trouve dans l'urine sous forme d'acide phosphorique, uni aux alcalis et terres en des combinaisons mono, bi ou tri-métalliques. A quelque formule que correspondent ces composés, l'acide en est précipité par la mixture magnésienne, les azotate et acétate d'urane.

Toutefois, quand ces réactifs ont épuisé leur action sur l'urine, c'est-à-dire en ont séparé l'acide phosphorique manifeste, patent, le liquide filtré renferme encore du phosphore dissimulé, latent, que l'on peut mettre en évidence par calcination avec un corps oxydant, tel que le nitrate de potassium. Que l'on redissolve, en effet, le résidu de cette incinération, que l'on réalise les conditions voulues de milieu, on obtiendra, par le mélange magnésien ou le molybdate ammonique, un précipité caractérisant la présence d'acide phosphorique, produit ou libéré par l'opération.

Nous décrirons donc successivement les méthodes

employées par nous pour le dosage de l'acide phosphorique soit *patent*, soit *latent*.

Acide phosphorique patent. — Nous avons dosé l'acide phosphorique patent total en le pesant sous forme de pyrophosphate de magnésie.

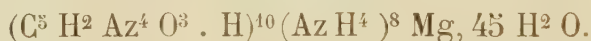
100 centimètres cubes d'urine filtrée sont précipités complètement par la mixture magnésienne. On laisse reposer jusqu'au lendemain, et l'on recueille le précipité sur un filtre à poids de cendres connu. On lave à la mixture magnésienne d'abord, à l'eau ammoniacale au tiers ensuite, jusqu'à ce que le liquide filtré, acidifié par l'acide azotique, ne précipite plus par le nitrate d'argent. On dessèche à l'étuve et l'on calcine séparément le filtre, puis le phosphate ammoniaco-magnésien. On retranche les cendres du filtre et l'on transforme le poids de pyrophosphate de magnésie ainsi trouvé, en anhydride phosphorique, en le multipliant par 0,6377.

Ce procédé donne de bons résultats. Mais il faut, lorsqu'on précipite par le mélange magnésien, avoir soin de prendre le chlorure, non le sulfate de magnésium. Henri Rose a fait cette observation et Maercker a démontré que, lorsqu'on fait usage du sulfate de magnésium, ce sel est entraîné par le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien qui prend naissance, et n'est pas éliminé par un lavage suffisant pour faire disparaître la réaction du chlore. Il en résulte qu'après la calcination le pyrophosphate est souillé d'une certaine quantité de magnésie. On évite cette cause d'erreur si l'on précipite, comme nous

l'avons fait, à froid, par un mélange magnésien de la composition suivante :

Chlorure de magnésium crist.....	100 gr.
Chlorhydrate d'ammonium.....	200 —
Ammoniaque (de D = 0,96).....	400 —
Eau.....	Q. S. pour faire 1 litre (1).

On peut encore avoir, dans le pyrophosphate, de la magnésie reconnaissant une autre origine. Avec M. le professeur agrégé G. Guérin, nous avons signalé (2) que la mixture magnésienne donne, en réagissant sur la solution d'un urate, un précipité d'urate ammoniaco-magnésien répondant à la formule



Le mélange magnésien précipite de l'urine, sous cette forme, la totalité de l'acide urique, en même temps que l'acide phosphorique. Aussi, après calcination, le pyrophosphate renferme-t-il de la magnésie, en quantité d'autant plus considérable que l'urine était plus riche en acide urique.

A chaque gramme d'acide urique précipité correspondant, dans le résidu de la calcination, 23,802 milligrammes de magnésie, qui, comptés comme pyrophosphate, font commettre une erreur par excès de 15,178 milligrammes

(1) Voir dans *Le Moniteur scientifique*, du Dr Quesneville, 1874, p. 609 et seq.: *Dosage de l'acide phosphorique dans le guano de Baker et autres matières analogues*, etc., par le Dr C. Gilbert (de Hambourg), traduit par Ch. Baye.

(2) *Sur l'existence d'un urate ammoniaco-magnésien, et de l'inconvénient que présente sa formation dans le dosage de l'acide phosphorique urinaire*, in *Journal de Pharmacie et de Chimie et Revue médicale de l'Est*, 1892.

d'anhydride phosphorique. On peut donc très facilement, si l'on a dosé l'acide urique, rectifier la valeur obtenue. Encore que cette cause d'erreur soit minime — la quantité d'acide phosphorique trouvée en trop pour les vingt-quatre heures ne s'élevait qu'à 14,2 milligrammes avec l'urine n° I, la plus chargée cependant d'acide urique — nous en avons tenu compte, et fait subir cette correction aux chiffres qu'on lira sous la rubrique d'*acide phosphorique patent*.

Acide phosphorique latent. — Nous avons indiqué précédemment que l'urine, dépouillée aussi complètement que possible de son acide phosphorique par la mixture magnésienne, renferme encore, sous une forme inconnue, du phosphore dont il est facile de démontrer l'existence. Il suffit, en effet, de calciner l'urine en présence d'un corps oxydant, pour pouvoir, par les réactifs ordinaires, mettre en évidence la présence d'acide phosphorique, dans le produit de l'opération.

Voici comment nous avons dosé cet acide phosphorique, que nous appelons *latent*, pour le désigner commodément, sans toutefois rien préjuger de son origine :

200 centimètres cubes d'urine sont additionnés d'un excès de mixture magnésienne. Après 24 heures, on sépare, par filtration, l'urine du précipité qu'on lave avec un peu de mélange magnésien. Filtratum et eaux de lavage sont, avec une petite quantité d'azotate et de carbonate de potassium purs, évaporés à siccité, au bain-marie, dans une capsule de platine. Le résidu est incinéré jusqu'à complète disparition du charbon. On facilite et abrège considéra-

blement cette destruction de la masse charbonneuse par de petites projections d'azotate d'ammoniaque bien pur. Quand l'incinération est parfaite, on traite à chaud le résidu, à plusieurs reprises, par de l'acide azotique au dixième (environ 50 centimètres cubes en total) et un peu d'eau. A ces liquides d'épuisement, filtrés et réunis, on ajoute leur volume de réactif molybdique. On agite, on laisse reposer jusqu'au lendemain dans un endroit chaud. Après s'être assuré qu'une portion décantée du liquide ne précipite plus par la liqueur molybdique, on recueille, sur un filtre taré, le précipité qui s'est formé, on lave à l'eau azotique à 2 p. 100, on dessèche à 100° et l'on pèse.

Notre réactif molybdique a été préparé d'après la formule suivante de M. J. Peter, indiquée dans les thèses de MM. J. Teissier (1) et E. Dufourt (2) :

« Faire dissoudre 100 grammes de molybdate d'ammoniaque dans 400 grammes d'ammoniaque ; par l'agitation, la dissolution s'effectue peu à peu. Ajouter par petites portions cette liqueur à un litre d'acide azotique ordinaire ; il faut agiter constamment et prendre garde que le liquide ne s'échauffe ; dès qu'il a atteint une température supérieure à celle de la main, il faut rafraîchir le ballon dans lequel on fait le mélange au moyen d'un courant d'eau froide. Chaque fois que l'on fait tomber un peu de la solution ammoniacale dans l'acide, il se produit un trouble

(1) J. Teissier : *Du diabète phosphatique*, Paris, 1877.

(2) E. Dufourt : *Contribution à l'étude de la composition du tissu osseux dans différents états généraux morbides*, Lyon, 1882, p. 24.

blanc qui disparaît au bout d'un instant ; on ajoute alors de nouveau la solution, et ainsi de suite. Quand les liquides sont complètement mélangés, on ajoute de l'eau pour faire 2 litres 500 centimètres cubes. Il faut laisser cette liqueur à une chaleur tiède pendant deux jours, pour faire déposer le phosphore que des impuretés peuvent y avoir introduit, on filtre ensuite, et la liqueur peut être employée. »

L'emploi de ce réactif doit se faire dans certaines conditions nécessaires ou favorables à la précipitation complète de l'acide phosphorique.

On doit, à la solution azotique, ajouter du réactif un grand excès, qui insolubilise le phosphomolybdate d'ammonium. La proportion la plus convenable serait, pour une partie d'acide phosphorique, 40 parties environ d'acide molybdique.

La précipitation est favorisée par une température un peu élevée, qui cependant ne doit pas dépasser 40°

Si la solution azotique était trop acide, l'addition du réactif ne donnerait pas de précipité. On en déterminerait l'apparition en ajoutant au mélange de l'ammoniaque, de telle sorte, bien entendu, que le liquide soit encore fortement acide. Par addition d'une quantité trop forte d'ammoniaque, il y aurait danger de précipitation d'acide molybdique. On en serait averti par ce fait que le précipité ne serait plus d'un jaune vif, comme celui de phosphomolybdate pur.

Toutefois, dans le cas où l'on aura dû ajouter de l'ammoniaque, il sera prudent de laver soigneusement,

sur le filtre, le précipité, avec de l'eau azotique qui redissoudrait l'acide molybdique.

Une assez forte proportion d'ammoniaque dans le réactif est donc nécessaire. C'est pour cette raison que nous avons adopté, de préférence aux autres, la formule de Peter; elle nous a d'ailleurs donné d'excellents résultats.

La dessication du phosphomolybdate s'accompagne d'une particularité qui doit nous arrêter un instant. Quand, après un temps suffisant pour sécher un tel précipité, deux heures par exemple, on le retire de l'étuve, on constate généralement qu'une réduction s'est opérée, mise en évidence par un liseré ou une tache qui donne à une partie du filtre une coloration pouvant varier du vert au bleu. Cette réduction, vraisemblablement, s'accompagne d'un changement de poids.

Pour apprécier cette influence, sur le poids du phosphomolybdate, d'une dessication plus ou moins prolongée, nous avons pesé un même précipité après une heure et demie et après trois heures de séjour à l'étuve.

Après une heure et demie, il y avait à peine une légère ligne bleuâtre sur un point très limité de la périphérie du filtre. Ce même filtre, après trois heures, portait, sur tout son pourtour, une bordure bleue; il présentait en outre une vaste tache verte. Les poids trouvés dans les deux pesées sont : pour la première, 0 gr. 188; pour la seconde, 0 gr. 184. Ainsi, malgré ces différences de réduction et de temps de dessication, il y a entre les deux pesées un écart de 4 milligrammes seulement. Cette cause d'erreur est donc peu importante. En effet, les quantités

d'acide phosphorique par litre (on opère sur 200 centimètres cubes) correspondant à chacun de ces poids sont 36,66 et 35.88 milligrammes ; elles ne diffèrent entre elles que de 78 centièmes de milligramme.

Nous avons, en conséquence, adopté cette règle : de laisser à l'étuve nos précipités jusqu'au moment où la réduction commençait à se manifester.

Filtre et précipité, ainsi desséchés, seront, naturellement, pesés dans un flacon. Usitée pour toute espèce d'analyses, cette manière de procéder devient, au cas particulier, de stricte obligation. Le phosphomolybdate varie notablement de poids en absorbant la vapeur d'eau de l'atmosphère.

Reste maintenant à passer du poids du phosphomolybdate à la quantité d'acide phosphorique qu'il contient.

On a contesté au phosphomolybdate une composition constante. De fait, elle semble pouvoir varier dans de larges limites, si l'on considère ces formules très différentes que lui attribuent divers chimistes :



On voit, pour nous borner à ces trois formules, quelle

(1) H. Debray : *Recherches sur les combinaisons de l'acide molybdique et de l'acide phosphorique* (C. R., 1868, t. LXVI, p. 702).

(2) Adolphe Carnot : *Sur la détermination du phosphore dans les fers et les aciers* (C. R., 1893, t. CXVI, p. 106).

(3) Sonnenschein : cité par Willm et Hanriot (*Traité de chimie*, t. I, 1888, p. 575).

incertitude existe relativement aux quantités d'acide molybdique et d'eau. De tels écarts ne peuvent tenir à des erreurs d'analyse ; la composition du phosphomolybdate est donc variable, avec les conditions dans lesquelles il a pris naissance.

Mais en identifiant ces conditions (celles notamment de température et d'acidité) on obtient, d'après M. A. Carnot, par une seconde précipitation, un phosphomolybdate qui présente une composition constante. Finkener (1), Pemberton (2) et v. d. Pfordten (3) ont, comme M. Carnot, trouvé dans le phosphomolybdate d'ammonium la proportion constante de 24 d'acide molybdique, Mo O^3 , pour 1 d'anhydride phosphorique, $\text{P}^2 \text{O}^5$.

Il semble donc qu'en opérant toujours dans les mêmes conditions on peut doser l'acide phosphorique par pesée directe du précipité, sans redissoudre dans l'ammoniaque, pour transformer en phosphate ammoniaco-magnésien, et peser à l'état de pyrophosphate.

Pour des analyses comme celles dont il s'agit ici, c'est-à-dire pour des dosages de quantités minimales d'acide phosphorique, la pesée du pyrophosphate ne serait pas applicable, et la moindre sensibilité du procédé ferait commettre une erreur plus forte que la pesée du phosphomolybdate. Ce composé a, en effet, un poids moléculaire très élevé, et il renferme dix-sept fois moins de phosphore que le pyrophosphate.

(1) Finkener : *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, XI, 1638.

(2) Pemberton : *Chem. News*, XLVI, 4.

(3) V. d. Pfordten : *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, XV, 1925 et 1929.

Nous indiquerons d'abord, d'après divers auteurs, la proportion d'acide phosphorique contenue dans cent parties de phosphomolybdate ; nous ferons connaître ensuite les résultats trouvés par nous, relatifs à la richesse, en acide phosphorique, du phosphomolybdate produit dans les conditions où nous avons opéré.

Acide phosphorique anhydre pour 100 de phosphomolybdate d'ammonium, d'après divers auteurs :

ACIDE PHOSPHORIQUE POUR CENT	AUTEURS	TEMPÉRATURE DE DESSICCATION
2.93 à 3.12	Sonnenschein (1)	120°
3.142	Seligsohn (2)	100
3.176	Sonnenschein (3)	»
3.6	» (4)	»
3.607	Liepowitz (5)	20 à 30
3.729	Carnot (6)	»
3.733	» (7)	100
3.7 à 3.8	Eggertz (8)	»
4.183	» (9)	»

Pour connaître la richesse procentuelle, en

(1) Sonnenschein : *Journal f. prakt. Chem.*, LIII, 342 (cité par Frésenius, *Analyse quantitative*, p. 172).

(2) Seligsohn, cité par Frésenius (*Analyse quantitative*, p. 172).

(3) Sonnenschein : calculé d'après la formule $14 \text{ MoO}_3, \text{PO}_4 (\text{AzH}_4)^3 + 4 \text{ H}_2\text{O}$, qu'indiquent, dans leur *Traité de chimie*, Willm et Hanriot, t. I, 1888, p. 575.

(4) Coefficient indiqué par A. Carnot (*C. R.*, 1884, 1^{er} semestre, t. XCVIII, p. 919).

(5) Liepowitz : *Ann. Pogg.*, CIX, 135.

(6) A. Carnot : *C. R.*, 1893, 1^{er} semestre, t. CXVI, p. 106.

(7) Coefficient indiqué par J. Peter (in *Thèse de E. Dufourt*, Lyon, 1882, p. 25).

(8) Eggertz : *Journal f. prakt. Chem.*, LXXIX, 496.

(9) Calculé d'après la formule $(\text{MoO}_3)_{10} \text{PO}_4 (\text{AzH}_4)^3 + 6 \text{ H}_2\text{O}$, indiquée dans le *Traité de Chimie* de Willm et Hanriot, t. II, p. 741.

acide phosphorique, du phosphomolybdate d'ammonium qui prend naissance dans les conditions où nous avons opéré, nous avons fait deux analyses de marches inverses :

1° Détermination du poids de phosphomolybdate produit par la précipitation d'une quantité connue d'acide phosphorique ;

2° Détermination de la quantité d'acide phosphorique contenue dans un poids donné de phosphomolybdate.

Pour la première recherche, nous avons précipité un peu de phosphate de soude pur par la mixture magnésienne. Le précipité a été lavé à l'eau ammoniacale au tiers et desséché ; une partie a été séparée du filtre, calcinée et pesée. Le poids du pyrophosphate était 0 gr. 108, correspondant à 0 gr. 06887 d'anhydride phosphorique.

Le pyrophosphate a été repris par de l'eau azotique et traité par le réactif molybdique. Après 24 heures, le précipité a été recueilli sur un filtre taré, lavé à l'eau azotique (à 2 0/0), séché à 100° et pesé. Le poids du phosphomolybdate a été 1 gr. 817, contenant 0 gr. 06887 d'acide phosphorique anhydre, ce qui correspond à 3,79 0/0.

Pour la seconde recherche, nous avons pris une certaine quantité de phosphomolybdate d'ammonium, obtenu par nous dans les opérations antérieures. Ce phosphomolybdate, du poids de 2 gr. 433, a été dissous dans l'ammoniaque et précipité par la mixture magnésienne. Le lendemain le précipité a été recueilli sur un filtre, à poids de cendres connu, lavé à la mixture magnésienne, puis à l'eau ammoniacale au tiers, desséché, calciné et pesé. Défalcation faite du poids des cendres, le pyrophosphate pesait 0 gr. 15155. Il renfermait 0 gr. 09664 d'anhydride phos-

phorique, provenant de 2 gr. 433 de phosphomolybdate. Ces chiffres correspondent à une proportion d'acide phosphorique égale, pour 100 de phosphomolybdate d'ammonium, à 3,97.

Nous avons adopté, pour le calcul des résultats de nos analyses, le coefficient 3,9, moyenne approximative des valeurs précédentes. Outre que la composition du phosphomolybdate et sa teneur en acide phosphorique varient très facilement avec les conditions expérimentales, la détermination précise de ce coefficient ne présentait pour nous qu'un médiocre intérêt ; nous nous proposons, en effet, bien moins de mesurer en valeurs absolues, que de comparer entre elles, les quantités d'acide phosphorique latent de l'urine aux divers jours de l'expérience.

Dosage différentiel de l'acide phosphorique combiné aux alcalis et terres. — Des chimistes ont cru pouvoir répartir l'acide phosphorique urinaire entre les bases terreuses (chaux, magnésie) et les bases alcalines (potasse, soude, ammoniacque).

Les phosphates terreux, ont-ils dit, ne sont dissous par l'urine que grâce à son acidité ; neutralisons cette réaction acide, les combinaisons phosphoriques des terres vont se précipiter. Et, logiques dans l'erreur, ils déduisirent de leur faux a priori le manuel opératoire suivant :

Dans une première opération, on dose, sur un certain volume d'urine, l'acide phosphorique total.

A un même volume d'urine, on ajoute goutte à goutte, de l'ammoniaque jusqu'à réaction alcaline, et, pendant

quelques heures, on abandonne au repos. Le précipité qui s'est produit est alors recueilli, lavé et redissous ; dans la solution on dose l'acide phosphorique qu'on attribue aux terres.

On a, par différence, l'acide phosphorique combiné aux alcalis.

Bien qu'on ait, depuis longtemps, fait à cette méthode analytique le procès en grave incorrection dont elle est passible, nous y devons insister quelque peu, puisque certains s'obstinent à l'appliquer encore qu'elle ait été dûment convaincue de fausseté.

Dès 1868, Byasson (1) la condamnait en ces termes :

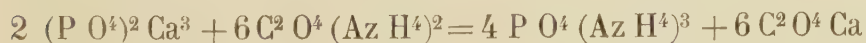
« On trouve dans presque tous les traités qui traitent des urines, un moyen d'évaluer séparément les phosphates alcalins et les phosphates alcalino-terreux en précipitant par l'ammoniaque : il suffit de signaler le procédé pour montrer combien il est défectueux et étant donné un mélange de phosphates, sulfates, chlorures, etc., de soude, potasse, chaux, magnésie, je ne connais pas de moyen de séparer ces sels tels qu'ils existent réellement. J'ai présenté ces considérations, parce qu'on fait bien souvent aux chimistes le reproche de ne pouvoir isoler en totalité les substances telles qu'elles existent dans les divers liquides de l'organisme. C'est vouloir exiger d'eux plus qu'ils ne peuvent tenir. »

(1) Byasson (Henri) : *Essai sur la relation qui existe à l'état physiologique entre l'activité cérébrale et la composition des urines* (Thèse de Paris, 1868), p. 35.

M. Cazeneuve (1) a confirmé ce jugement et l'a fortement motivé :

Si les seules combinaisons phosphoriques alcalino-terreuses de l'urine étaient, comme l'admet Neubauer (2), les phosphates tricalcique et bimagnésien, la neutralisation par l'ammoniaque les précipiterait exactement, sous forme de phosphate tricalcique et de phosphate ammoniacomagnésien ; les conclusions du dosage seraient légitimes.

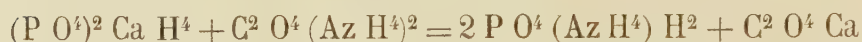
Mais le phosphate de chaux urinaire n'est pas uniquement trimétallique ; l'urine renferme encore du phosphate monocalcique. Que l'on prenne, en effet, une urine sensiblement neutre et tout à fait limpide, comme on peut en éliminer après le repas notamment. Le phosphate tricalcique, s'il existe dans une telle urine, y sera dissous non par une substance acide, mais par un sel tel que le chlorure de sodium. Que l'on y ajoute de l'oxalate d'ammonium parfaitement neutre, la chaux sera précipitée en totalité, et la réaction de l'urine, examinée au papier de tournesol, *ne sera pas changée*. Or l'oxalate d'ammonium, réagissant sur du phosphate tricalcique, en solution neutre, aurait modifié la réaction de la liqueur en donnant naissance à du phosphate triammonique, franchement alcalin :



(1) Cazeneuve (Paul) : *Etude critique sur le dosage des phosphates terreux dans l'urine* (Journ. de Pharm. et de Chim., t. XXX, 1879, 2^e partie, p. 19).

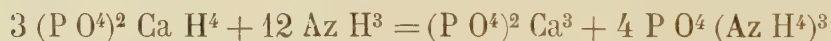
(2) Neubauer et Vogel : *De l'urine et des sédiments urinaires*, 2^e édition française, 1877, p. 293.

Au contraire, la réaction de l'urine ne doit pas changer si c'est sur du phosphate monocalcique que l'on fait agir l'oxalate, car il se produit du phosphate mono-ammonique, se comportant, à l'égard du tournesol, comme le sel monométallique du calcium :



Il résulte de cette expérience que le phosphate de chaux urinaire est, sinon en totalité, du moins pour une forte proportion, monométallique et non tricalcique.

Quand donc on traitera l'urine par l'ammoniaque, dans l'intention d'en séparer les phosphates terreux, il se précipitera bien du phosphate tricalcique, formé aux dépens du phosphate monocalcique, mais en même temps une partie de l'acide engagé dans cette dernière combinaison passera à l'état de phosphate d'ammonium :



Ainsi, on inscrira au compte des phosphates alcalins une partie de l'acide phosphorique qui réellement se trouvait uni à la chaux.

La présence dans l'urine, à côté du phosphate monocalcique, d'un autre sel de chaux soluble compliquera encore la réaction. Ici, deux cas sont à considérer :

1° Si la chaux de cette autre combinaison est en quantité précisément double de celle contenue dans le phosphate monocalcique, c'est-à-dire en proportion justement convenable pour former du phosphate tricalcique, le dosage de l'acide phosphorique uni à la chaux sera exact :



Mais on conçoit que cette condition n'est généralement pas et ne sera sans doute jamais réalisée.

2° Si le sel de chaux est en quantité plus que suffisante pour transformer le phosphate monocalcique en phosphate tricalcique, on attribuera à la chaux de l'acide phosphorique qui, en réalité, était uni à la potasse ou à la soude :

$$(P O^4)^2 Ca H^4 + 5 Ca Cl^2 + 2 P O^4 Na H^2 + 8 Az H^3 = 2 (P O^4)^2 Ca^3 + 2 Na Cl + 8 Az H^4 Cl$$

Des considérations du même ordre s'appliquent à la présence fort vraisemblable, dans l'urine, du phosphate monomagnésien. L'équation

$$(P O^4)^2 Mg H^4 + 4 Az H^3 = P O^4 Mg Az H^4 + P O^4 (Az H^4)^3$$

fait voir qu'ici encore on exagérera la quantité des phosphates alcalins au détriment du phosphate de magnésium.

Dans le cas où le phosphate serait exclusivement bimagnésien, la précipitation par l'ammoniaque donnerait un résultat exact :



En résumé, la présence dans l'urine des phosphates monocalcique et, probablement, monomagnésien et de sels alcalino-terreux autres que les phosphates rend illusoire le dosage différentiel des phosphates ; elle l'entache d'une erreur dont on ne peut même prévoir le sens.

Ces arguments ont été reproduits à la Société de Biologie (séance du 23 avril 1892), par M. Oliviero (1), au

(1) Oliviero : *A propos de la communication de M. Jules Voisin (C. R. Soc. de Biol., 29 avril 1892, p. 333).*

cours d'une discussion sur la possibilité de diagnostiquer chimiquement l'attaque hystérique de l'attaque épileptique.

A côté des phosphates tricalcique, bi et trimagnésien, dont la précipitation se fait exactement, M. Oliviero pense qu'il existe dans l'urine des phosphates bicalcique et monomagnésien, qui augmentent la quantité d'acide phosphorique attribué aux alcalis.

Inversement, la présence des sulfates de chaux et de magnésie à côté des phosphates de sodium et de potassium fait compter, comme combiné aux terres, une partie de l'acide phosphorique uni aux alcalis. M. Oliviero appuie cette dernière vue théorique d'expériences faites sur dix malades (3 hystériques et 7 épileptiques), à qui l'on fit ingérer du sulfate de magnésie. L'analyse de leurs urines (par le procédé qui nous occupe) a montré que dans neuf cas il y avait augmentation, sur la normale, du rapport de l'acide phosphorique terreux à l'acide phosphorique alcalin, ou *inversion de la formule des phosphates*, comme dit M. Gilles de la Tourette. Deux fois même, sur ces neuf cas, tout l'acide phosphorique a été précipité par l'addition d'ammoniaque ; on n'a pas trouvé de phosphates alcalins.

Malgré le bien fondé de ces critiques, M. le professeur Mairét a pris la défense du procédé incriminé (1). Ne pouvant prétendre à l'acquiescement, il plaide les circonstances atténuantes ; il les attend de la reconnaissance des clini-

(1) Mairét : A propos du procédé communément employé pour séparer les phosphates terreux dans l'urine (C. R. Soc. de Biol., 13 mai 1892, p. 379).

ciens, en raison des services que leur rend cette méthode d'analyse. Car, il lui faut bien en convenir, elle ne ressortit pas à l'orthodoxie chimique. « Si j'avais, dit-il, à faire œuvre de chimiste, j'emploierais un autre procédé ». Nous ne commettrons pas l'indiscrétion de lui demander lequel. Biologiste, il s'intéresse peu à la quantité absolue des phosphates terreux ; la méthode analytique lui suffit, qui, dans les mêmes conditions d'expérience, lui fournit toujours les mêmes résultats.

Chez des individus sains, soumis pendant plusieurs jours à un régime alimentaire invariable comme qualité et quantité, toutes autres conditions d'existence étant d'ailleurs identiques, M. Mairet a trouvé que les phosphates terreux, quotidiennement éliminés par l'urine, étaient de poids à très peu de chose près constant. Vienne à se modifier une de ces conditions d'existence, des variations se produisent dans la quantité des phosphates terreux ; sur l'élimination de ces sels, l'alimentation, le travail intellectuel ou musculaire, l'état de veille ou de sommeil, marquent nettement leur action.

Ce procédé trahit de même les modifications survenant dans la vie pathologique ; il accuse, par exemple, l'attaque d'épilepsie, sous l'influence de laquelle augmente l'acide phosphorique combiné aux terres.

Ainsi, quelle que soit son irrégularité au point de vue chimique, la méthode est suffisamment exacte pour servir aux recherches biologiques, si, de toutes les conditions retentissant sur l'élimination des phosphates terreux, on laisse varier seulement celle dont on veut étudier l'effet.

« Les recherches biologiques, conclut M. le professeur

Mairet, qui ont été faites par ce procédé conservent donc toute leur valeur et il peut rester dans nos laboratoires de clinique parmi nos moyens d'analyse ; ce qui a une grande importance, car il est très commode, et c'est de procédés semblables que nous avons besoin, nous autres cliniciens. »

Nous ne pouvons souscrire à ces conclusions.

La variation d'un seul composant de l'urine — et les causes qui peuvent produire une telle variation sont innombrables — modifie l'équilibre du système tout entier, c'est-à-dire les quantités des divers composés qui y existent.

D'ailleurs, connaissant en valeurs absolues tous les acides et bases d'un liquide aussi complexe que l'urine, les répartir les uns entre les autres est pour nous une tentative chimérique dont les résultats ne peuvent être qu'hypothétiques (1).

On ne trouvera donc pas, dans nos analyses, de chiffres d'acide phosphorique combiné aux alcalis ou terres.

En revanche, nous donnerons, avec l'acide phosphorique patent, dosé en bloc, les quantités de chaux et de magnésie. Nous aurons ainsi substitué le dosage direct et rigoureux des bases alcalino-terreuses, à celui des phosphates terreux, qui est erroné. Cette méthode aura, par surcroît, l'avantage de préciser sur quelle base ont principalement porté les variations, s'il vient à s'en produire.

(1) Encore, cette répartition exigerait-elle que l'on tint compte, non seulement des quantités des éléments qui se trouvent en présence dans la solution, mais aussi de leur dilution et de la température.

DOSAGE DE LA CHAUX ET DE LA MAGNÉSIE

La chaux et la magnésie ont été dosées sur une même portion de liquide urinaire.

Chaux. — 200 centimètres cubes d'urine sont évaporés et calcinés. Le résidu est repris par de l'eau additionnée d'acide chlorhydrique. Au liquide filtré, on ajoute, par petites quantités, de l'ammoniaque, jusqu'à réaction alcaline. Il s'est alors formé un précipité que l'on redissout dans de l'acide chlorhydrique versé goutte à goutte. A cet acide libre on substitue de l'acide acétique, par addition d'acétate de sodium. Si la liqueur n'est pas suffisamment acide, c'est-à-dire s'il se produit spontanément un précipité, on ajoute un peu d'acide acétique. Dans le liquide, on verse de l'oxalate d'ammonium, on agite et l'on abandonne au repos jusqu'au lendemain. Le précipité d'oxalate de calcium qui a pris naissance est recueilli sur un filtre à poids de cendres connu, lavé avec un peu d'eau et desséché. Les eaux mères et eaux de lavage sont réunies et mises de côté pour le dosage de la magnésie.

Le filtre et l'oxalate calcique sont calcinés; les cendres sont reprises par quelques gouttes d'acide sulfurique dilué. On dessèche au bain de sable; on calcine de nouveau. On pèse, on défalque les cendres du filtre, et, multipliant par 0,4416, on passe du poids du sulfate de calcium à celui de la chaux.

Magnésie. — Du liquide conservé, on précipite la magnésie, sous forme de phosphate ammoniaco-magné-

sien. Dans ce but, on alcalinise fortement par l'ammoniaque. On ajoute, si l'on veut, un peu de phosphate de sodium, on agite et l'on abandonne. Le lendemain, le précipité est recueilli sur un filtre à poids de cendres connu ; on lave à l'eau ammoniacale au tiers, jusqu'à disparition de la réaction du chlore. On dessèche, on calcine successivement le filtre et le précipité ; on pèse et l'on retranche les cendres du filtre. Le poids du pyrophosphate, multiplié par 0,3604, donne le poids de la magnésie.

DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL

Nous avons dosé l'azote total par le procédé, légèrement modifié, de Kjeldahl.

Avec une pipette, on introduit dans un matras d'essayeur, en ayant soin de n'en pas répandre sur les parois du col, 10 centimètres cubes d'urine, auxquels on ajoute 2 centimètres cubes environ d'acide sulfurique au cinquième. On évapore à l'étuve à 105°. On introduit alors dans le matras 30 centimètres cubes d'une dissolution de 200 grammes d'anhydride phosphorique dans 1 litre d'acide sulfurique ordinaire. En versant le réactif, on lave, s'il est nécessaire, les parois du col, sur lesquelles ont pu se déposer de petites projections. On désagrège, par agitation, la masse charbonneuse, on la détache du verre. Inclinant alors très fortement le matras, et le fixant dans une position presque horizontale, on chauffe graduellement, en interposant une simple toile métallique, jusqu'à une température voisine de l'ébullition. On maintient à cette tem-

pérature tant que le liquide n'est pas devenu jaune clair et transparent, c'est-à-dire trois quarts d'heure à une heure, puis on laisse refroidir.

Dans un ballon d'un litre et demi à deux litres de capacité, on introduit environ 500 centimètres cubes d'eau, puis le contenu du matras, puis les eaux qui ont servi à le laver soigneusement et un peu de grenaille de zinc. Après addition de quelques gouttes de phénolphtaléine, on neutralise l'acidité du liquide par de la soude (de densité 1,30) ajoutée en léger excès, c'est-à-dire en quantité un peu plus que suffisante pour déterminer une coloration violette persistante du mélange. On réunit alors le ballon à un appareil de Schloësing, et l'on chauffe, en recueillant les produits de la distillation dans 20 centimètres cubes d'acide sulfurique titré. Après une heure d'ébullition, ou quand 50 centimètres cubes environ de liquide ont distillé, on arrête l'opération. On dose l'acide sulfurique resté libre, et l'on déduit, de la différence entre les titres d'avant et d'après l'opération, la quantité d'ammoniaque qui s'est formée, ou encore l'azote qui lui correspond.

Revenons à quelques points particuliers de ce manuel opératoire.

En même temps que la presque totalité de l'azote est transformée en sulfate d'ammonium; il se produit des traces de nitrites et de nitrates. C'est pour les réduire qu'on ajoute, avant la distillation, du zinc, qui a encore pour effet de rendre l'ébullition plus régulière.

Si l'on opère avec un ballon à une seule tubulure, on devra, lors de l'addition de soude, qui élève la température du liquide, s'arrêter un peu avant la neutralisation, laisser refroidir et, seulement alors, ajouter le reste de la

soude. Tant que la réaction est acide on ne risque pas de perte d'ammoniaque. Avec la précaution indiquée, l'addition de la dernière portion de soude ne déterminera pas d'élévation notable de la température ; la totalité de l'ammoniaque restera dans le liquide alcalin, dont le volume est considérable.

Mais il est préférable d'employer, comme fait M. Guérin, un ballon à deux tubulures. On y introduit l'eau, l'acide sulfurique, le zinc et la phénolphtaléine par la grande tubulure, qu'on réunit alors à l'appareil de Schloesing. La soude est ensuite introduite dans le ballon par un entonnoir à robinet, que porte la petite tubulure et dont la pointe plonge dans le liquide. Nous avons adopté cette manière d'opérer. Elle présente un double avantage : plus commode, elle donne une sécurité parfaite.

Ce dosage comporte un calcul fort simple. L'acide sulfurique titré normal qu'on emploie est à 49 grammes par litre. On a une solution de potasse caustique normale, à 47^{gr},1. Ces deux liqueurs titrées se neutralisent exactement volume à volume. La différence entre 20 et le nombre de centimètres cubes de potasse qu'il faut pour saturer l'acide sulfurique, après la distillation, donne immédiatement le résultat cherché : on sait qu'un centimètre cube correspond à 0^{gr},014 d'azote, 0^{gr},017 d'ammoniaque et 0^{gr},030 d'urée.

Que valent les dosages d'azote effectués par ce procédé ?

Ils sont exacts, d'après Henninger (1), même avec sa

(1) A. Henninger : *Sur un procédé de dosage de l'azote total de l'urine* (C. R. de la Soc. de Biol., séance du 12 juillet 1884, p. 474).

simplification, consistant, au lieu de distiller, à décomposer l'ammoniaque par l'hypobromite de sodium et à mesurer l'azote dégagé.

Dans un travail sur le *Dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl*, M. J. de Brevans (1) cite de nombreux chiffres, dont une partie dus au chimiste danois lui-même, obtenus en opérant sur diverses matières organiques. De leur comparaison avec les chiffres calculés d'après la formule, ou déterminés par la méthode de Will et Varrentrapp, il ressort que le procédé de Kjeldahl fournit des résultats très satisfaisants, sauf cependant pour les alcaloïdes, pour la quinine en particulier.

MM. Garnier et Schlagdenhauffen (2) citent aussi des résultats obtenus par eux pour le dosage de l'azote urinaire, comparativement par les procédés du tube à combustion et de l'acide sulfurique fumant.

Voici ces résultats :

Première urine. — Tube à combustion : 3^{gr},448 d'azote par litre (moyenne de deux dosages) ; acide sulfurique fumant : 3^{gr},439 (moyenne de trois dosages).

Deuxième urine. — Tube à combustion : 10^{gr},281 ; acide sulfurique fumant : 10^{gr},301 (moyenne de deux dosages).

Ainsi, la conclusion commune aux auteurs précités

(1) J. de Brevans : *Agenda du chimiste*, 1888, p. 498.

(2) L. Garnier et F. Schlagdenhauffen : *Analyse chimique des liquides et des tissus de l'organisme*, p. 75 (*Encyclopédie chimique*).

est l'exactitude de la méthode de Kjeldahl ; elle fournit des résultats presque identiques à ceux que l'on obtient par le procédé de Will et Warrentrapp.

DOSAGE DE L'URÉE

C'est par le procédé d'Yvon que nous avons dosé l'urée.

D'après l'équation théorique, rendant compte de la réaction,



un gramme d'urée devrait donner 371^{cc},2 d'azote à 0° et 760^{mm}. En réalité, on n'obtient que 354^{cc},33 de gaz (Hüfner). C'est qu'il se produit en même temps un peu de cyanate (Feuton) et une certaine quantité d'azotate alcalin (Méhu et Fauconnier). Pour empêcher cette réaction secondaire, qui diminue la proportion d'azote dégagé, Méhu et Fauconnier ont proposé d'ajouter à l'urine 5 à 6 pour 100 de glucose. Avec les urines diabétiques ou artificiellement sucrées, on obtiendrait les 371^{cc},2 théoriques. Mais Yvon et Jay ont contesté ce fait (1). Le rendement en azote est certainement plus élevé, sans cependant jamais être intégral. Nous avons donc opéré sur l'urine sans l'additionner de glucose, et calculé nos résultats en admettant qu'un gramme d'urée donne 354^{cc},33 de gaz.

(1) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, p. 105 ; t. XXXIV, p. 30 et 632.

Inversement, le volume de l'azote s'augmente de la quantité libérée par la décomposition partielle, sous l'influence de l'hypobromite, de substances telles que les acides urique et hippurique, la créatine, la créatinine, la guanine, et, dans les urines pathologiques, l'albumine. Les sels ammoniacaux dégagent tout leur azote.

Pour éliminer, autant que possible, ces substances, avant de doser l'urée, on traite l'urine par le sous-acétate de plomb. On se débarrasse ainsi des matières colorantes, des acides urique et hippurique et de l'albumine. On n'a pas à se préoccuper de la guanine et de la créatinine qui restent dans le liquide; la lenteur de leur décomposition et leur faible quantité font que le dosage n'en est pas sensiblement influencé.

L'azote que l'on obtient, en traitant par l'hypobromite le liquide ainsi déféqué, est donc exclusivement attribuable à l'urée et aux sels ammoniacaux.

De là le *manuel opératoire* que nous avons suivi :

A 10 centimètres cubes d'urine, on ajoute un léger excès (2 ou 3 centimètres cubes) de sous-acétate de plomb; on complète exactement avec de l'eau au volume de 20 centimètres cubes; on agite, on filtre, et l'on prend 2 centimètres cubes du liquide, c'est-à-dire 1 centimètre cube d'urine. On en dégage l'azote, dans l'appareil d'Yvon, et l'on porte sur la cuve à eau. Après un temps suffisant pour que le gaz ait pris la température de l'eau, on note cette température (t), la hauteur barométrique (H), et on lit le volume d'azote (v) en établissant l'égalité de pression entre le gaz enfermé dans le tube et l'air extérieur.

On obtient la quantité d'urée (U), pour l'émission (E)

des 24 heures, en faisant le calcul indiqué par la formule

$$U = v \frac{H - f}{760} \times \frac{1}{1 + 0,00367 t} \times \frac{1}{354,33} \times E$$

où f représente la tension de la vapeur d'eau, pour la température t .

DOSAGE DE L'ACIDE URIQUE

Pour le dosage de l'acide urique nous avons opéré sur 250 centimètres cubes. A l'urine, acidifiée par l'acide acétique, puis filtrée, on ajoute 25 centimètres cubes d'acide chlorhydrique de densité 1,12, on agite et l'on abandonne au frais pendant 48 heures. Le précipité qui s'est formé est recueilli sur un filtre taré, lavé à l'eau jusqu'à ce que le filtratum ne rougisse plus le tournesol, desséché à 100° et pesé.

Il faut faire la correction de solubilité. Nous avons pris 25 centimètres cubes d'eau de lavage, quantité qui nous a toujours suffi ; nous avons donc constamment opéré avec un même volume total de liquide, égal à 300 centimètres cubes. Pour coefficient de correction nous avons adopté celui de Zabelin et ajouté au poids trouvé d'acide urique 4,5 milligrammes par cent centimètres cubes ou $4,5 \times 3 = 13,5$ milligrammes.

2° Conditions de l'expérience

La composition de l'urine est fonction de nombreuses variables : elle dépend des conditions statiques et dynamiques de l'organisme et de causes extérieures.

L'âge, le poids sont des états qui influent sur la sécrétion urinaire.

L'alimentation (par ses qualité et quantité), la digestion, la sueur, l'exercice musculaire, le travail intellectuel, le sommeil, sont des fonctions avec lesquelles se modifie la composition de l'urine.

Cette sécrétion subit en outre l'influence des conditions climatiques : température, pression barométrique, état hygrométrique.

Comment, dans cette complexité, déterminer la part attribuable à l'un de ces facteurs, au travail intellectuel pour le cas particulier ?

Une seule méthode s'offre à nous : faire des constantes de toutes ces variables, en exceptant, bien entendu, celle que nous voulons étudier, en la faisant, au contraire, varier dans les plus larges limites, pour en exagérer l'effet et le rendre plus manifeste.

Nous allons rapidement passer en revue les seules variables dont nous ayons à nous préoccuper, voir comment et avec quelle précision nous avons pu les rendre ou obtenir constantes pendant toute la durée de notre expérience.

Du 18 au 29 novembre 1892 — du début à la fin de cette expérience, — la *pression barométrique* (1) à Nancy (graphique 4) a oscillé entre 757,5 (minimum, le 19) et 778,8 (maximum, le 22).

(1) Les renseignements météorologiques qui suivent sont empruntés aux observations faites à la Faculté des sciences et publiées par M. C. Millot, dans la *Revue médicale de l'Est*.

La *température* (graph. 2) a varié entre 0° (24 novembre) et + 12°2 (le 18).

L'*état hygrométrique* (graph. 1) moyen a oscillé entre 77 (le 22) et 92 (le 25).

Ces conditions climatiques n'ayant pas subi de bien grandes variations, il nous a semblé inutile d'en donner le détail numérique pour les différents jours ; nous nous sommes contenté de les représenter graphiquement.

En thèse générale, mais exigeant de multiples restrictions, la quantité des divers éléments de l'urine est proportionnelle au *poids* du sujet. Notre poids, déterminé à plusieurs reprises, avant, pendant et après l'expérience, n'a pas sensiblement varié : il a été, en moyenne, de 73 kilogrammes ; l'écart entre les deux chiffres les plus distants est de 250 grammes seulement. D'une différence même bien plus considérable, on n'aurait pu tirer d'objection valable contre les résultats de nos analyses : ce sont des jours consécutifs que nous avons comparés entre eux, au point de vue des variations des principes urinaires.

L'influence considérable qu'exerce l'*alimentation* sur la composition de l'urine est surabondamment établie par d'innombrables travaux ; aussi, pendant toute la durée de l'expérience, nous sommes-nous soumis à un régime alimentaire rigoureusement constant, comme qualité et quantité.

Le choix de ce régime est important et délicat : important, puisqu'il doit maintenir l'organisme, aussi exactement que possible, en même état, sans augmentation ni diminution de poids, et sans perturbation du jeu normal

des divers appareils ; délicat, puisqu'il s'agit de réaliser la ration d'entretien, avec une alimentation relativement simple, telle qu'elle n'exige pas de préparation culinaire compliquée et qu'il soit facile de l'obtenir de composition toujours identique, mais présentant toutefois une variété suffisante pour qu'on s'y puisse astreindre, pendant le temps assez long de l'expérience, sans en éprouver une lassitude qui finirait par influencer sur la nutrition et modifier la composition de l'urine.

Voici le régime auquel nous nous sommes arrêté, après quelques tâtonnements :

Nous avons fait deux repas par jour.

Celui de midi se composait de : viande de bœuf (exempte d'os, graisse, aponévroses, tendons), 150 gr. ; haricots secs, 100 gr. ; graisse, 40 gr. (20 gr. de beurre et 20 gr. de saindoux) ; fromage, 20 gr. ; pain, 150 gr. ; vin, 500^{cc} ; eau, 500^{cc}.

Le repas du soir (7 h. 1/2) comprenait : viande de bœuf, 150 gr. ; pommes de terre, 200 gr. ; beurre, 20 gr. ; fromage, 20 gr. ; pain, 150 gr. ; vin, 500^{cc} ; eau 1000^{cc} ; eau-de-vie, 20^{cc}.

Soit, en total, par vingt-quatre heures :

Aliments solides

Viande de bœuf.....	300 gr.
Haricots secs.....	100
Pommes de terre.....	200
Graisse, 60 gr. }	
Beurre.....	40
Saindoux.....	20
Fromage.....	40
Pain.....	300

Boissons

Vin rouge à 10°S.....	1000 ^{cc}
Eau	1500
Eau-de-vie à 45°.....	20

Ces aliments ont été ingérés avec appétit, sans lassitude, même aux derniers jours. Pendant toute la durée de l'expérience, la *digestion* a été excellente, les selles normales et régulières.

La température assez basse de la période d'expérience et l'abstention d'exercices violents nous ont préservé de toute *transpiration* sensible.

L'*exercice musculaire* a été rigoureusement le même d'un jour à l'autre : il a consisté en un même temps de station debout (travail au laboratoire) et de marche (même promenade tous les jours).

Le *sommeil* a toujours été bon, d'une durée d'environ 7 heures. Les heures de lever (6 heures 1/2) et de coucher (10 heures 1/2) ont été très régulières.

On a écarté toutes les causes d'excitation nerveuse. Le tabac n'a pas été supprimé, mais nous en avons fumé tous les jours la même quantité (5 gr. de tabac du Levant).

Le *travail intellectuel* est le seul facteur ayant influence sur la composition de l'urine, que nous avons fait varier au cours de notre expérience. Nous allons en indiquer la nature, car il importe de préciser le sens que nous attachons aux expressions de *repos* ou de *travail intellectuel*, et de prévenir ainsi toute équivoque.

Et d'abord, le repos absolu de l'esprit nous apparaît irréalisable. Un organe ne peut cesser de fonctionner qu'en

mourant ; tant qu'il vit, le cerveau pense. Vainement l'on prétendrait, en fermant la porte des sens, bannir l'activité mentale ; l'immobilité, le silence, l'obscurité complète sont impuissants à réfréner le travail psychique : la pensée est incoercible. Parlera-t-on du sommeil ? Il est un autre état de conscience. Et la conscience elle-même est une simple modalité de la pensée, modalité relativement rare : le plus grand nombre des phénomènes psychiques sont inconscients.

Bien entendu, de cette activité mentale irrépressible ou inconsciente, il ne peut être tenu compte. Mais il n'en va pas résulter d'obstacle à atteindre le but que nous nous sommes proposé. L'intensité de la désassimilation cérébrale, ou la fatigue qui en est le corollaire, produites par ces deux groupes de phénomènes, ne varient que dans d'étroites limites, aux divers jours d'une expérience, quand les conditions d'existence restent identiques. Nous n'avons donc pas à nous occuper de cette vie psychique, pour ainsi dire *passive*.

Un autre travail de l'esprit, que nous devons signaler, mais qui ne sera pas non plus une cause d'erreur, puisque tous les jours il fut le même, c'est le calcul des résultats de nos analyses quotidiennes. La même observation s'appliquerait à l'exécution de ces analyses, si l'on ne pouvait considérer comme tout à fait négligeable, en raison de l'habitude que nous en avons, l'attention qu'elle a exigée.

Vie psychique *passive*, analyses et calcul de leurs résultats, sont toute l'activité mentale des jours de *repos intellectuel*. Les jours de *travail intellectuel* comportent

en outre de cinq à huit heures de travail intellectuel proprement dit, de vie psychique *active*. Ce travail a consisté en lecture très attentive de chimie biologique, correction d'épreuves, composition, et surtout étude et exercices d'algèbre (dérivées, théorie et résolution des équations, différences). Nous avons recherché un genre de travail nécessitant une forte tension de l'esprit, une application soutenue, un *effort réellement actif*.

Il y a eu aux 1^{er}, 4^e, 5^e, 9^e et 10^e jours de l'expérience, 6, 5, 6, 6 et 8 heures de ce *travail intellectuel* ; aux 2^e, 3^e, 6^e, 7^e, 8^e et 11^e jours, *repos intellectuel* (graphique 5).

3° Résultats.

Les urines ont été recueillies de 6 h. et demie à 6 h. et demie du matin, très exactement et complètement. Le 24, un accident nous en a fait perdre une certaine quantité, il n'y a donc pas d'analyse correspondant à ce jour. Mais, pour ne pas perturber les résultats du lendemain, nous avons néanmoins observé ce jour-là notre régime dans toute sa rigueur.

Nous consignons dans le tableau suivant l'ensemble des résultats analytiques obtenus dans ces conditions :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Moyennes		
	Travail cérébral	REPOS	REPOS	T. C.	T. C.	REPOS	REPOS	REPOS	T. C.	T. C.	REPOS	GÉNÉR.	T. C.	REPOS
Quantité en centimètres cubes.....	4250	4500	4700	4750	4950	4300		4370	4490	4950	4720	4598	4678	4518
Densité.....	4022	4019	4018	4015	4015	4020		4019	4018	4014	4016	4017.6	4016.8	4018.4
Couleur.....	5gr55	6gr03	7gr34	6gr88	6gr53	5gr54		5gr04	6gr08	6gr29	6gr28	3.5	3.4	3.6
Chlore.....												6gr17	6gr26	6gr08
Soufre total en acide sulfu- rique.....	2.64	2.84	2.87	2.70	2.69	2.75		2.68	2.64	2.65	2.79	2.73	2.66	2.79
Acide phosphorique patent	2.84	2.42	2.53	2.13	2.34	4.95		2.29	2.43	4.91	2.27	2.38	2.27	2.29
Acide phosphorique latent	0.0284	0.0278	0.0315	0.0280	0.0285	0.0274		0.0235	0.0315	0.0190	0.0241	0.0269	0.0271	0.0268
Chaux.....	0.210	0.465	0.438	0.174	0.191	0.430		0.430	0.490	0.201	0.439	0.468	0.492	0.444
Magnésie.....	0.123	0.116	0.132	0.140	0.151	0.134		0.133	0.137	0.148	0.138	0.134	0.140	0.138
Azote total en urée.....	32.44	33.97	34.93	32.84	33.34	31.98		33.70	36.66	35.40	33.80	33.86	34.05	33.68
Urée.....	29.06	31.95	32.52	30.44	32.02	30.04		32.09	30.78	30.94	30.87	31.07	30.65	31.49
Acide urique.....	0.937	0.927	0.805	0.885	0.784	0.684		0.912	0.915	0.706	0.795	0.835	0.845	0.825
Rapport de P ² O ⁵ patent à P ² O ⁵ latent.....	400	87	80	76	81	72		97	67	400	94	85.4	84.8	86
Rapport de CaO à MgO.	4.71	4.42	4.04	1.22	4.26	0.97		0.97	4.38	4.36	4.25	4.25	4.37	4.12
Azote total.....	15.43	45.85	46.30	45.34	45.55	44.92		45.72	17.10	16.37	45.77	45.80	45.89	45.74
Azote de l'urée.....	13.56	44.94	45.47	44.20	44.94	44.01		44.97	44.36	44.43	44.40	44.49	44.30	44.69
Azote de l'acide urique.....	0.342	0.309	0.268	0.295	0.261	0.228		0.304	0.305	0.235	0.265	0.278	0.284	0.275
Azote non qualifié (créa- tine, acide hippuri- que, etc.).....	1.264	0.636	0.858	0.844	0.357	0.677		0.447	2.438	1.705	4.404	4.029	4.344	0.744
Rapport azotrique.....	0.89	0.94	0.93	0.93	0.96	0.94		0.95	0.84	0.88	0.91	0.917	0.900	0.934
Rapport de l'urée à l'acide urique.....	34	34	40	34	44	44		35	33	44	39	37.5	36.6	38.4
Rapport de l'urée à P ² O ⁵ patent.....	40.23	43.20	42.85	44.29	43.86	45.40		44.01	44.45	46.49	43.59	43.62	43.51	43.73

La *quantité* d'urine émise par vingt-quatre heures a varié dans des limites assez étendues, de 1250 à 1950^{cc} ; elle a été en moyenne générale de 1598^{cc}.

A comparer le graphique de l'*émission* (3) à ceux des *température* (2), *état hygrométrique* (1), *hauteur barométrique* (4), on ne découvre aucun rapport entre les variations de volume de l'urine et les conditions climatiques.

Par contre, — le premier jour excepté, — toute journée de travail intellectuel comporte une émission plus abondante que le jour de repos qui précède ou suit.

En tenant compte de ce premier jour de l'expérience, auquel correspond le volume minimum d'urine, — ce qui atténue considérablement l'écart, — on trouve encore une différence de 160^{cc} entre l'émission moyenne des journées de repos (1518^{cc}) et celle des journées du travail (1678^{cc}). Cette variation n'est pas pour surprendre : on connaît l'abondance des urines dites *nerveuses*.

Nous devons donc conclure, avec Hammond et Byasson, que le travail intellectuel augmente le volume de l'urine émise.

La *densité* (graph. 7) de l'urine a suivi une marche inverse de la quantité (graph. 6).

Le poids du *résidu*, évalué approximativement en multipliant par le coefficient 2,3092 (Ritter) les deux derniers chiffres de la densité exprimée avec trois décimales, est resté sensiblement constant pendant toute la durée de l'expérience (moyenne pour les jours de travail et de repos cérébral : 63.33 et 63.82).

Comme la densité, la *coloration* — exprimée par des chiffres correspondant à l'échelle de couleurs de Neubauer

et Vogel — a diminué quand augmentait le volume de l'urine.

Le *chlore* (graph. 8) a présenté d'assez fortes variations, de 5 gr. 04 à 7 gr. 54. Sans y attacher d'importance, puisque la quantité de sel ingérée n'a pas été pesée, notons qu'en général son élimination a subi les mêmes fluctuations que le volume, augmentant ou diminuant avec lui.

Le *soufre total* (graph. 9) a peu varié; son minimum est 2 gr. 64 (en anhydride sulfurique), son maximum, 2 gr. 87. Toutefois, on remarquera qu'il semble augmenter légèrement avec le repos, pour diminuer sous l'influence du travail intellectuel.

D'une manière générale, les quantités d'*acide phosphorique patent* ont été en diminuant du commencement à la fin de l'expérience (graph. 11). La moyenne des derniers jours est d'un demi-gramme environ inférieure à celle des premiers. La descente régulière du graphique indique évidemment une richesse de l'alimentation en acide phosphorique moindre pour la période d'expérience que pour le temps qui a précédé.

L'acide phosphorique patent présente pour les jours de repos et de travail intellectuels des moyennes (2^{gr},29 et 2^{gr},27) tellement concordantes, qu'il faut considérer comme nulle ou très petite l'influence de l'activité mentale sur l'élimination de cette substance; ou, plus exactement, sur sa quantité totale. Nous précisons « sur sa quantité totale » parce que les quantités respectives d'acide phosphorique combinées aux alcalis et terres, peuvent varier sans que leur somme soit modifiée. S'il est vrai, comme le pense M. Mairet, que le travail intellectuel diminue le

chiffre de l'acide phosphorique uni aux alcalis, et augmente le chiffre de l'acide phosphorique uni aux terres, ces deux variations, de sens inverses, se neutralisent, partiellement du moins. Rien d'étonnant dès lors à ce que l'activité mentale marque son influence sur l'élimination de l'acide phosphorique en en modifiant la répartition, la qualité, sans faire sensiblement varier sa quantité.

Cette constance dans la quantité d'acide phosphorique, nous l'avons constatée. Naguère encore, ce résultat se fût trouvé absolument contradictoire à l'opinion généralement accréditée : c'était comme un axiome que le travail intellectuel augmente l'acide phosphorique urinaire. Mais une réaction s'est produite. « Il n'est nullement démontré, ni même admis aujourd'hui, écrit M. Gautier, que le travail cérébral élève la proportion totale des phosphates urinaires. Il semble que dans les cas où l'on a cru remarquer une augmentation dans l'élimination de ces sels elle serait due à l'excès de l'alimentation (1) ». De fait, nombre d'auteurs n'ont pas pris garde à cette cause d'erreur capitale ; du moins, ils négligèrent de nous faire savoir qu'ils l'avaient évitée : silence qui autorise toutes suppositions. La plupart, firent leurs analyses par le procédé à la liqueur d'urane ; nul d'entre eux, que nous sachions, n'a dosé par la pesée l'acide phosphorique. Notre conclusion se présente donc entourée de garanties plus sérieuses que la leur : on voudra bien reconnaître qu'elle se fortifie de la rigueur du régime auquel nous nous sommes soumis, et de l'incontestable

(1) A. Gautier : *Cours de chimie*, t, III (*Chimie biologique*), 1892, p. 633.

supériorité de la méthode pondérale sur la méthode volumétrique.

Acide phosphorique latent. — Dès 1846, Ronalds (1) a signalé l'existence, dans l'urine, de phosphore qui ne s'y trouve pas sous forme de phosphate; mais ce fait n'est qu'incidemment indiqué, dans une courte note relative au soufre « qui n'est pas à l'état d'acide sulfurique », et l'auteur reconnaît lui-même que sa méthode ne mérite pas grande confiance.

Après avoir rappelé qu'on a constaté la présence d'acide phosphoglycérique dans divers organes et liquides, dans des produits pathologiques et dans des parties normales de l'organisme, Sotnitschewsky (2) se demande si cet acide phosphoglycérique qui, selon toute probabilité, dériverait de la lécithine, existe à l'état physiologique dans les excréments.

Klüpfel et Th. Fehling ont constaté, dit-il, le passage dans l'urine normale, d'acide phosphorique en combinaison organique, mais n'y ont pas démontré la présence de glycérine. Münk, examinant, au point de vue de l'acide phosphoglycérique, des urines d'homme et de chien, qui avaient ingéré de la glycérine, aboutit à un résultat négatif.

Pour résoudre cette question de l'excrétion d'acide

(1) Ronalds : *Philosophical transactions*, 1846, p. 463.

(2) Sotnitschewsky : *Glycerinphosphorsäure im normalen menschlichen Harn* (*Zeitschrift für physiologische Chemie*, IV, 1880, p. 214).

phosphoglycérique par l'urine normale, Sotnitschewsky institue l'expérience suivante :

Il prend dix litres d'urine et élimine l'acide phosphorique, en alcalinisant par un lait de chaux, précipitant par le chlorure de calcium et filtrant. Le filtratum est évaporé au bain-marie, le résidu traité par l'alcool, et la partie insoluble dans l'alcool dissoute dans un peu d'eau. Pour être bien certain qu'il ne reste plus d'acide phosphorique, on alcalinise par l'ammoniaque cette dernière solution, on additionne de mixture magnésienne, on abandonne et on filtre.

Le filtratum, fortement acidifié par de l'acide sulfurique étendu, est maintenu pendant quelque temps à l'ébullition. Quand il est refroidi, on mélange avec un excès d'ammoniaque et un peu de réactif magnésien.

Après deux jours de repos, on trouve sur les parois du vase une foule de petits cristaux qui présentent à l'examen microscopique la forme caractéristique du phosphate ammoniaco-magnésien, et dont la solution azotique donne, avec le molybdate d'ammonium, la réaction de l'acide phosphorique.

L'existence de la glycérine dans le liquide filtré, se démontre de la façon suivante. On évapore au bain-marie et l'on reprend par l'alcool absolu. Le résidu de la solution alcoolique donne, par distillation sèche avec le bisulfate de potassium, de l'acroléine qu'on reconnaît à son odeur caractéristique et à son action sur le nitrate d'argent. En outre, l'extrait alcoolique, chauffé sur un fil de platine avec du borax, donne une coloration verte.

On peut donc, conclut Sotnitschewsky, admettre que l'acide phosphoglycérique existe normalement dans l'urine, quand ce ne serait qu'en minime quantité. Que l'on n'objecte pas qu'il pourrait provenir de la décomposition de substances plus complexes (lécithines), sous l'influence des opérations chimiques auxquelles on soumet l'urine : le passage de la lécithine dans l'urine n'a jamais été démontré, et Hoppe-Seyler l'a plusieurs fois recherchée vainement dans de grandes quantités de ce liquide.

En France, la question a été étudiée surtout par M. Lépine et ses collaborateurs MM. Eymonnet et Aubert.

Avant d'indiquer brièvement les résultats auxquels ils sont parvenus, nous ferons remarquer que, dans leurs diverses communications, après avoir employé d'abord le terme d'*acide phosphoglycérique*, ces messieurs disent ensuite *phosphore incomplètement oxydé*. Il est clair que ce changement d'expression signifie au moins un doute sur la forme d'*acide phosphoglycérique* attribuée au phosphore latent de l'urine ; il implique même une négation de cette hypothèse si la périphrase *phosphore incomplètement oxydé* est bien adéquate à la pensée des auteurs : le phosphore est exactement au même degré d'oxydation dans les acides phosphoglycérique et phosphorique.

Dans une première note, MM. Lépine et Eymonnet (1), après avoir exposé la méthode qui leur servit à doser

(1) R. Lépine et Eymonnet : *Sur la détermination quantitative de l'acide phosphoglycérique dans l'urine, à l'état physiologique et dans diverses conditions anormales, notamment dans le cas de foie gras* (C. R. de la Soc. de Biol., 1882, p. 622).

l'acide phosphoglycérique, — celle-là même que nous avons employée pour l'acide phosphorique latent, — indiquent que, chez l'homme normal, la quantité d'acide phosphoglycérique urinaire oscille entre 0,15 et 0,30 par rapport à l'azote total représenté par 100 (1). Ils ont trouvé chez des phthisiques : dans le cas de dégénérescence graisseuse du foie, de 1 à 1.8 d'acide phosphoglycérique pour 100 d'azote (2) ; en l'absence de stéatose hépatique, un rapport normal.

M. Eymonnet publie ensuite les résultats de *Recherches expérimentales sur l'apparition de l'acide phosphoglycérique dans l'urine* (3). L'acide phosphoglycérique ingéré, sous forme de lécithine (cervelle de bœuf), ou injecté dans le péritoine (sel de chaux), passe dans l'urine à l'état de phosphate ; il s'y retrouve en nature après injection dans les veines.

En 1884, MM. Lépine, Eymonnet et Aubert communiquent à l'Académie des sciences leurs principaux dosages de phosphore incomplètement oxydé dans plusieurs états nerveux (4).

Ce phosphore, exprimé en acide phosphorique (acide phosphorique *produit*), ne représente pas beaucoup plus de 1 pour 100 du phosphore total. Dans l'urine humaine normale des vingt-quatre heures, pour 100 parties d'azote

(1) On obtient la quantité d'acide phosphoglycérique en multipliant par 0,05573 le poids du phosphomolybdate d'ammonium.

(2) MM. Dastre et Morat ont démontré l'existence de la lécithine dans le foie gras où M. Eymonnet en a trouvé jusqu'à 3,38 pour 100 d'organe frais.

(3) Léon Eymonnet : *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 1883, t. VII, p. 134.

(4) Lépine, Eymonnet et Aubert : *Sur la proportion du phosphore incomplètement oxydé contenu dans l'urine, spécialement dans quelques états nerveux* (C. R. 1884, t. XCVIII, p. 238).

(dégagé par l'hypobromite) la quantité d'acide phosphorique *produit* est, en général, moindre que 0,25 ; la quantité d'acide phosphorique des phosphates, inférieure à 20.

A l'état pathologique, MM. Lépine, Eymonnet et Aubert ont trouvé (par rapport à 100 d'azote) :

Dans un cas d'*apoplexie* (causée par un gros foyer hémorrhagique) : une augmentation insignifiante de l'acide phosphorique des phosphates et une quantité d'acide phosphorique *produit* quatre fois plus forte qu'à l'état normal.

Dans un cas d'*épilepsie* : une augmentation fort sensible de l'acide phosphorique et du phosphore incomplètement oxydé, dont la quantité est triplée.

Chez une *hystéro-épileptique*, après une attaque : légère augmentation de l'acide phosphorique (augmentation qui manqua à la suite d'une autre attaque) ; quantité de phosphore incomplètement oxydé atteignant le double de l'état normal.

Dans un cas de *delirium tremens* : notable augmentation de l'acide phosphorique et du phosphore incomplètement oxydé, avec persistance du rapport normal de l'un à l'autre : 1,3 0/0.

Chez un chien, plusieurs centigrammes de chlorhydrate de morphine, en injection sous-cutanée, ont produit une forte augmentation de l'acide phosphorique et du phosphore incomplètement oxydé ; la quantité de ce dernier s'est aussi élevée, après l'ingestion stomacale de plusieurs grammes de bromure de potassium.

MM. Lépine, Eymonnet et Aubert ont, au contraire, observé une diminution du phosphore incomplètement

oxydé dans plusieurs états nerveux organiques, notamment dans quelques méningites.

En outre de la dégénérescence graisseuse du foie, chez les phthisiques, et des états nerveux précédemment signalés, il est bien d'autres conditions où l'on a constaté une augmentation du phosphore incomplètement oxydé, par rapport à l'azote : dans l'*anémie grave* (où sa proportion peut être quadruplée), dans certains cas d'*ictère*, de *fièvre typhoïde*, de *pneumonie*. Dans quelques cas de scarlatine et de rougeole, on n'a pas trouvé accrue la quantité relative de ce phosphore.

Dans une note adressée à la *Société de Biologie* à propos d'une communication de M. Mairét, M. Lépine (1) dit que « l'excrétion des phosphates ne donne que *sous réserves* des renseignements certains sur l'étendue des échanges nutritifs. » Aussi attache-t-il une importance relativement plus grande à la proportion du phosphore incomplètement oxydé contenue dans l'urine.

Ce phosphore augmente dans certains états nerveux, sans pour cela provenir du tissu nerveux *exclusivement* : « L'augmentation de l'excrétion du phosphore incomplètement oxydé dans certains états nerveux ne suppose pas nécessairement un grand accroissement de la désassimilation de la substance nerveuse ; il se peut que la désassimilation des substances phosphorées disséminées dans divers tissus de l'organisme soit accrue par une action

(1) R. Lépine : *Sur l'acide phosphorique et le phosphore non complètement oxydé dans l'urine des épileptiques* (C. R. de la Soc. de Biol., séance du 26 juillet 1884, p. 499).

nerveuse, comme l'est celle de la matière glycogène, consécutivement à la piqure du plancher du quatrième ventricule. »

M^{me} Eliacheff (1) a trouvé qu'une urine, renfermant, telle quelle, 4 gr. 5 de sulfates et 2 gr. 9 de phosphates, donnait, après calcination avec un peu de nitre et de potasse caustique, 4 gr. 66 de sulfates et 3 gr. 04 de phosphates. « Il y avait donc du phosphore et du soufre combinés à la matière organique de l'urine, et qu'on n'a pu déceler qu'après la calcination du résidu fixe » (p. 73).

Ce soufre et ce phosphore se trouvent dans la partie non dialysable de l'urine.

M^{me} Eliacheff, ayant concentré au dixième (dans le vide, à une température comprise entre 35 et 40°) 42 litres d'urine normale, a soumis les 4 litres 200 de liquide à une dialyse continue, qui a duré onze jours. Après ce temps, l'eau extérieure étant devenue complètement neutre à tous les réactifs, exempte de toute substance minérale ou organique, et ne laissant pas de résidu à l'évaporation, le liquide non dialysable a été de nouveau concentré dans le vide vers 37°. jusqu'à consistance sirupense. La dessiccation a été complétée dans le vide froid. On a ainsi obtenu 5 gr. 8 de produit non dialysable pour les 42 litres d'urine, ce qui correspond à 193 milligrammes par vingt-quatre heures et par personne. Cette matière extractive, non dialysable, contient 3 0/0 de phosphore et 3,4 0/0 de soufre. « Ainsi se retrouvent en grande partie le phosphore et le soufre qui

(1) M^{me} P. Eliacheff: *Contribution à l'étude des matières extractives non dialysables des urines* (Mémoires de la Soc. de Biol., 1891, t. 71).

sont contenus dans l'urine, non à l'état de phosphates et de sulfates ».

En effet, les différences trouvées entre les dosages effectués sur l'urine telle quelle ou calcinée étant de 14 milligrammes pour l'acide phosphorique et de 16 milligrammes pour l'acide sulfurique, les chiffres calculés pour 193 milligrammes de matière extractive, non dialysable, d'après cette richesse procentuelle de 3 et de 3,4, sont égaux à 13,26 milligrammes pour l'acide phosphorique et à 16,4 milligrammes pour l'acide sulfurique. Ces résultats concordent aussi exactement que possible. On retrouve donc dans le produit non dialysable, non seulement la plus grande partie — comme dit M^{me} Eliacheff — mais la totalité des phosphore et soufre qui, dans l'urine, ne sont pas phosphates et sulfates.

La composition centésimale de la matière extractive répond aux formules :



si l'on néglige soufre et phosphore ; ou



si l'on représente phosphore et soufre dans leur forme la plus simple.

Nous avons fondé, sur le dosage de l'acide phosphorique latent, cet espoir qu'il pourrait, peut-être, mesurer assez exactement la désassimilation de la substance nerveuse. Si, comme tendent à le prouver les recherches de Sotnitschewsky, et comme l'admettent M. Lépine et ses collaborateurs, l'acide phosphorique latent de l'urine s'y trouve sous forme d'acide phosphoglycérique, il provient

certainement du dédoublement de la lécithine. Or, cette lécithine, encore qu'elle soit répandue dans tout l'organisme (muscles, graisse, globules rouges, globules blancs, etc.), n'en a pas moins dans la substance nerveuse une importance spéciale, en raison de la forte proportion où elle s'y rencontre (1). On pouvait donc s'attendre à voir l'acide phosphorique latent varier avec l'activité cérébrale.

L'expérience n'a pas confirmé cet à priori (graph. 12). Les moyennes d'acide phosphorique latent sont 27,1 et 26,8 milligrammes, pour les jours de travail et de repos intellectuels; nous ne constatons pas de relation entre sa quantité et l'activité de l'esprit.

Est-ce donc que la désassimilation de la lécithine n'augmente pas par le travail mental, ou bien que l'acide phosphorique latent n'est pas de l'acide phosphoglycérique ?

Nos renseignements sont insuffisants à juger la question. D'une part, le rôle de la lécithine nous est inconnu et sa désassimilation semble peu active; d'autre part, une quantité d'acide phosphorique, égale à l'acide phosphorique latent de l'urine, se retrouve dans la partie non dialysable de ce liquide. Pour concilier ce dernier fait et l'hypothèse qu'il s'agit d'acide phosphorique, ou invoquera facilement l'influence de matières organiques qui s'oppo-

(1) Il y aurait de lécithine, pour 100 parties : substance blanche, 11,00; globules rouges, 0,75; sang (veine porte), 0,24; sang (veine hépatique), 0,29 (chiffres donnés par M. Beaunis, dans sa *Physiologie*, 1888, t. I, p. 221, sans indication d'origine).

100 parties de matière cérébrale de bœuf sèche renfermeraient : 9,9 de lécithine, pour la substance blanche; 17,24 pour la substance grise (E. Lambling : *Encyclopédie chimique*, t. IX, *Aliments*, 1892, p. 151).

sent à la dialyse et retiennent énergiquement l'élément phosphoré. La même explication serait d'ailleurs recevable pour l'acide phosphorique.

Il est certain qu'un milieu organique peut entraver des phénomènes physiques, masquer totalement la présence de certaines substances à leurs réactifs spécifiques eux-mêmes, ou encore permettre une réaction chimique (avec production, par exemple, d'un précipité), mais limitée, partielle (précipitation incomplète). Aussi, chaque fois qu'il est question de rechercher ou de doser exactement quelque élément minéral, doit-on, au préalable, détruire les substances organiques, s'il s'en trouve dans la matière de l'analyse.

L'acide phosphoglycérique ou le phosphore incomplètement oxydé de MM. Lépine, Eymonnet et Aubert, notre acide phosphorique latent, ne correspondent, en définitive, qu'à la différence entre deux dosages d'acide phosphorique, exécutés : l'un, en présence de substances organiques ; l'autre, après destruction de ces matières. Il se peut que la mixture magnésienne en milieu organique ne produise pas une précipitation absolument complète de l'acide phosphorique, dont une minime quantité, restée dans le filtratum, se retrouve seulement après calcination.

En résumé et pour conclure, l'acide phosphorique latent n'a pas varié avec le travail intellectuel. Sa nature nous est inconnue : il n'est pas établi qu'il corresponde à un élément phosphoré spécial ; peut-être n'existe-t-il, au contraire, que par incorrection analytique.

Les variations de la *chaux* et de la *magnésie* sont sans doute les plus importantes qu'ait produites le travail

intellectuel. Sous son influence, les bases terreuses augmentent : elles diminuent par le repos. La relation est, pour la chaux, marquée à ce point que son graphique (13) est presque superposable à celui de l'activité mentale (14) ; moins manifeste pour la magnésie (15), elle se traduit par de plus faibles variations. Les moyennes des jours de travail et de repos intellectuels sont : pour la chaux, 192 et 144 milligrammes (différence : 48 milligrammes), pour la magnésie, 140 et 128 milligrammes (différence : 12 milligrammes seulement). Le rapport de la chaux à la magnésie, comme les quantités absolues de ces terres, s'élève par le travail mental (graphique 16).

De ces variations des terres, nous pouvons inférer à de très probables variations parallèles des phosphates terreux, et comme corollaire, — puisque la quantité d'acide phosphorique total ne change pas, — à des variations inverses des phosphates alcalins. Le travail intellectuel modifierait donc la répartition de l'acide phosphorique urinaire : les phosphates alcalins diminueraient, tandis qu'augmenteraient les phosphates terreux. Mais ce ne sont pas là des conclusions de certitude : il se peut qu'une partie des terres de l'urine y existe sous une forme autre que celle de phosphate.

Peut-être s'étonnera-t-on de cette relation entre le travail intellectuel et l'excrétion des terres. Nous savons, à la vérité, peu de chose de leur évolution à travers l'organisme : la chaux urinaire, qui ne provient pas directement de l'alimentation, mais fut un temps fixée, partie intégrante du corps, nous apparaît spécialement liée à la désassimilation du tissu osseux ; la magnésie n'a pas de

rôle physiologique connu. Toutefois, chaux et magnésie se rencontrant dans tous les tissus et liquides de l'organisme, doivent en être des produits de déchet plus ou moins importants selon la proportion pour laquelle elles y entrent, et aussi selon le système considéré, avec, sans doute, une différence suivant les états statique ou dynamique du système, c'est-à-dire suivant qu'on l'étudie en repos ou en activité.

« Il y a, dit en effet M. Gaube (1), dans tout organisme vivant, végétal ou animal, deux dominantes minérales : une dominante d'état et une dominante de fonction. Les dominantes d'état sont les dominantes sur lesquelles reposent un système, une colonie cellulaire déterminés : la chaux au milieu de laquelle vivent les éléments anatomiques de l'os ; la potasse au milieu de laquelle vivent les cellules nerveuses. » D'après le même auteur, la dominante de fonction pour la cellule nerveuse serait le magnésium : « Dans l'ordre des vertébrés, le magnésium est la dominante minérale de la cellule nerveuse en activité, que cette activité soit physiologique ou pathologique (2) ».

Un rapprochement ne s'impose-t-il pas entre nos résultats, relatifs à l'élimination des terres, et l'idée ingénieuse, mais encore hypothétique, émise par M. le D^r Gaube ? Conformément à cette vue de l'esprit, le travail cérébral a chez nous augmenté la quantité de magnésie ; mais la

(1) J. Gaube : *Albuminurie magnésienne chez un dégénéré hyperacousique* (*Gazette médicale de Paris*, 25 juin 1892, p. 303).

(2) Cette affirmation de M. Gaube s'appuie, dit-il, sur de nombreuses analyses qui trouveront leur place dans un travail ultérieur, en collaboration avec M. Alb. Robin.

chaux a subi un accroissement bien plus considérable. Pour M. Gaube, il y a des êtres qui sont magnésiens ; ne pourrait-il y en avoir de calciques ?

M. Beaunis donne, dans sa *Physiologie* (t. I, p. 618), quatre analyses des sels du cerveau dues à Geoghegan. 1.000 grammes de substance nerveuse renfermeraient :

	I	II	III	IV
Chaux	0 gr. 0070	0 gr. 0280	0 gr. 0196	0 gr. 0308
Magnésie	0 — 0027	0 — 1128	0 — 0996	0 — 1194

Nous ferons remarquer que, dans la première de ces analyses, le rapport de la chaux à la magnésie est égal à 2.5 ; dans les trois dernières, au contraire, la magnésie est 4 et 5 fois plus abondante que la chaux.

Ces valeurs absolues de la chaux sont telles que le cerveau tout entier en renfermerait une quantité (0 gr. 03) moindre que les variations urinaires constatées par nous. Ou bien dans certains cerveaux, il peut y avoir inversion du rapport de la chaux à la magnésie (analyse I) ; ou bien l'origine de la chaux devra être cherchée en dehors de la désassimilation spéciale de la substance nerveuse, dans la dénutrition plus active du tissu osseux, par exemple, qu'influencerait indirectement le travail mental.

Au surplus, il serait puéril de nous attarder à des considérations de cet ordre ; il n'est point de théorie qui vaille contre un fait. Bornons-nous à constater ici que le travail intellectuel augmente la magnésie et surtout la chaux de l'urine.

Le dosage des *substances azotées* ne nous a pas montré

de variations notables en rapport avec l'activité mentale.

Nous rapprochons, dans le tableau suivant, les moyennes obtenues pour les divers principes azotés, aux jours de travail et de repos intellectuels, et les différences entre ces moyennes. Les différences sont inscrites comme positives ou négatives, selon que la moyenne des jours de travail est, pour l'élément considéré, plus grande ou plus petite que la moyenne des jours de repos, prise pour terme fixe de comparaison :

Moyennes et différences entre les moyennes des substances azotées

		Jours de travail	Jours de repos	Différences
		CÉRÉBRAL	CÉRÉBRAL	
Azote total...	en azote	15 ^{gr} 89	15 ^{gr} 71	+ 0 ^{gr} 18
	en urée.....	34.05	33.68	+ 0.37
Urée	en urée.....	30.65	31.49	— 0.84
	en azote	14.30	14.69	— 0.39
Acide urique.	en acide urique..	0.845	0.825	+ 0.020
	en azote	0.281	0.275	+ 0.006
Azote non qualifié.....		1.314	0.744	+ 0.570

Mais si, pour l'établissement de ces moyennes, on néglige la première journée de l'expérience, celle qui correspond au chiffre minimum d'urée, — et cette élimination nous paraît s'imposer pour un jour de transition entre

deux régimes d'inégale richesse en azote, — on obtient les moyennes suivantes :

Moyennes et différences des substances azotées, abstraction faite de la première journée (transitoire) de l'expérience.

		Jours de travail	Jours de repos	Différences
		CÉRÉBRAL	CÉRÉBRAL	
Azote total...	en azote	16 ^{gr} 08	15 ^{gr} 71	+ 0 ^{gr} 37
	en urée.....	34.47	33.68	+ 0.79
Urée	en urée.....	31.04	31.49	— 0.45
	en azote	14.48	14.69	— 0.21
Acide urique.	en acide urique..	0.8225	0.825	— 0.0025
	en azote	0.274	0.275	— 0.001
Azote non qualifié.....		1.326	0.744	+ 0.582

D'après ces tableaux, les variations de l'*azote total* et de l'*urée* sont assez faibles pour qu'on n'en puisse, à notre sentiment, légitimement conclure que le travail intellectuel (graph. 21) marque, de façon nette, son action sur l'excrétion de ces substances. A une légère augmentation de l'azote total (graph. 17), répond une diminution légère de l'urée, (dont l'azote est représenté par le graphique 18).

Mais, nous le répétons, ces grandeurs sont d'un ordre tel, que l'augmentation de l'azote total, et la diminution de l'urée, sous l'influence du travail intellectuel, nous apparaissent comme de simples *possibilités* et non pas même des *probabilités*.

L'*acide urique* (exprimé en azote par le graphique 20)

fournit des moyennes très concordantes. D'un tableau à l'autre les différences changent de signes ; mais, positives ou négatives, elles sont très faibles en valeur absolue. L'excrétion de l'acide urique ne semble pas en rapport avec l'activité ou le repos de l'esprit.

Restel'azote *non qualifié* (créatinine, acide hippurique, etc.), calculé en retranchant de l'azote total la somme de l'azote de l'urée (et sels ammoniacaux) et de l'acide urique. Il a été en moyenne : pour les jours de travail, 1 gr. 314 ; pour les jours de repos, 0 gr. 744 (graph. 19).

A ces deux chiffres très différents, (l'un est presque double de l'autre) il ne faudrait pas attacher d'importance : ils correspondent à des substances mal définies, dont ils totalisent l'azote ; leur exactitude pâtit des erreurs commises dans les dosages de l'azote total, de l'urée et de l'acide urique. Enfin, malgré cette variation du simple au double, comme ils sont, en valeur absolue, peu élevés, leur différence n'est que de 0 gr. 57.

On peut, comme conclusion générale, relative aux éléments azotés, dire que leur excrétion ne présente pas de modification sensible ; l'urée, la substance dont les moyennes diffèrent le plus (0 gr. 84), a peut-être diminué légèrement les jours d'activité mentale, tandis que l'azote total était faiblement augmenté (0 gr. 37, en urée).

On a, depuis quelques années, attribué aux proportions relatives des divers éléments de l'urine une importance plus considérable peut-être qu'à leurs quantités absolues. Pour sacrifier à cette tendance, nous avons indiqué les principaux de ces rapports. Mais ils ne méritent, à notre avis, qu'une médiocre attention ; nous ne voyons

qu'avec défiance les conclusions qu'on en prétend tirer : nous ne nous y attarderons qu'un instant.

Le rapport de l'acide phosphorique patent à l'acide phosphorique latent (graph. 25) a été en moyenne de 85.4 (maximum, 100 ; minimum, 67), ce qui correspond à 1,17 d'acide latent pour 100 d'acide patent. La proportion normale de l'acide phosphorique *produit*, par rapport à l'acide phosphorique total est, d'après M. Lépine, de 1,25 environ pour 100. Le rapport de l'acide patent à l'acide latent n'a pas varié avec le travail ou le repos intellectuels (84,8 ; 86).

Dire que le *rapport de la chaux à la magnésie* (graph. 16), qui est de 1,37 pour les jours de travail, n'est plus que de 1,12 pour les jours de repos, c'est simplement exprimer, sous une autre forme, ce fait que le travail intellectuel (dont l'influence est d'augmenter la quantité des terres) fait subir à la chaux des variations plus considérables qu'à la magnésie.

Le *rapport azoturique* (nous empruntons cette expression à M. Bayrac (1) est le rapport de l'azote de l'urée à l'azote total, ou de l'urée à l'azote total exprimé en urée. Comme l'urine renferme toujours de l'azote sous une forme autre que l'urée, le rapport azoturique sera nécessairement plus petit que l'unité.

D'après les chiffres de M. Ritter (2) expérimentant sur lui-même, nous avons trouvé (tableau I, p. 12) le rapport azoturique normal (moyenne de 14 analyses) égal à 0,908 ;

(1) Pierre Bayrac : *Etude du rapport de l'azote de l'urée à l'azote total dans les urines normales et pathologiques* (Thèse de Lyon, 1887, t. 34).

(2) E. Ritter : *Thèse de doctorat ès sciences*, 1872.

il est abaissé à 0,865 (moyenne de 10 analyses) par l'inhalation quotidienne de 30 litres d'oxygène.

Dans les expériences sur la marche (tableau II, p. 28) le rapport azoturique normal (moyenne de 10 analyses) est 0,913 ; 4 heures de marche par jour n'ont pas modifié ce rapport qui est alors égal à 0,910 (moyenne de 12 analyses).

Le tableau III, p. 52 (expériences avec l'eau chargée de protoxyde d'azote) donne comme moyenne de 5 analyses normales 0,918 ; la moyenne de 9 analyses pour des jours où l'on ingéra une bouteille d'eau oxyazotique (environ 2 litres de protoxyde d'azote) est 0,915.

La moyenne générale est pour les 29 analyses normales, 0,9114.

Dans ces analyses M. Ritter a employé : pour le dosage de l'azote, le procédé de Seegen ; pour celui de l'urée, le procédé de Liebig (en faisant les corrections de dilution et de chlorures).

Pour M. Pierre Bayrac (1), qui a dosé l'urée et l'azote par les procédés d'Yvon et d'Henninger (2), le rapport azoturique (multiplié par 100) « varie chez les individus sains de 80 à 99 ; en aucun cas il n'arrive à 100 ; 87 est le chiffre le plus souvent obtenu... La quantité d'aliments influe sur le rapport qui s'abaisse (sans toutefois dépasser 80) d'autant plus que l'individu se nourrit davantage. — Le soldat dont l'alimentation est juste suffisante,

(1) Pierre Bayrac, loc. cit., *conclusions*.

(2) Modification du procédé de Kjeldahl. Voir au chapitre des *Méthodes analytiques*.

a un rapport supérieur à 90. — Il brûle ses matériaux jusqu'au bout... La nature des aliments (végétaux, viande, lait) n'a pas d'influence sur le rapport qui est seulement influencé par la quantité... Le travail musculaire augmente légèrement l'énergie comburante tant qu'on ne le pousse pas jusqu'à la fatigue, auquel cas il fait baisser le rapport et par suite l'énergie ».

M. Bosc juge que les oxydations dans l'organisme sont plus ou moins complètes selon que le rapport azoturique s'élève ou s'abaisse, aussi appelle-t-il ce rapport : *coefficient d'oxydation*. Dans diverses communications à la Société de Biologie (1), M. Bosc a donné un assez grand nombre d'analyses d'urines (l'azote fut dosé par le procédé de Kjeldahl) où il a déterminé le coefficient d'oxydation. Mais ses sujets sont des hystériques et nous n'avons pas le droit de considérer, comme absolument normale, leur nutrition en dehors des attaques. Cependant, d'après le relevé, fait par nous, de 25 déterminations se rapportant à 9 hystériques, le coefficient d'oxydation est : les jours d'attaques, 75 ; les autres jours, 89,95. Ce dernier chiffre est donc réellement normal.

Les moyennes précédemment indiquées : 0,9114 (Ritter), 0,87 (Bayrac), 0,8995 (Bosc), concordent — les première et troisième surtout — avec le résultat de nos

(1) F. J. Bosc, *Note sur les troubles de la nutrition dans l'hystérie* (C. R. Soc. de Biol., séance du 7 mai 1892, p. 376).

Formule urinaire complète de l'attaque d'hystérie et Formule urinaire de l'attaque d'hystérie, d'épilepsie et de quelques attaques épileptiformes (C. R. Soc. de Biol., séance du 23 juillet 1892, p. 723 et seq.).

recherches personnelles. Nous avons trouvé, pour les 10 jours de notre expérience, un rapport azoturique moyen égal à 0,917. La variation de ce rapport, des jours de travail aux jours de repos intellectuel, est insignifiante, de 0,900 à 0,934 (graph. 22).

Rapport de l'urée à l'acide urique. — « D'après un grand nombre d'auteurs, dit M. Ritter (*loc. cit.*, p. 22), il y aurait entre le poids de l'urée et celui de l'acide urique, un rapport à peu près constant, qui dépendrait du genre de nourriture ; ce rapport serait 1 : 36 pour une nourriture animale ; 1 : 27,5 pour une nourriture mixte ; 1 : 22 pour une nourriture végétale (Lehmann). »

Les rapports moyens pour les urines normales varient notablement de l'un à l'autre des trois tableaux de M. Ritter, où ils sont : 39,92 ; 58,21 ; 46,04. Le rapport est 47,28 pour l'ensemble des 29 analyses normales (minimum, 29 ; maximum, 78,36).

Nous n'avons pas, au cours de notre expérience, observé d'écarts aussi considérables, ce qui tient, sans doute, à l'uniformité rigoureuse de notre régime. Les oscillations de nos chiffres ont lieu entre 31 et 44. En moyenne générale le rapport a été 37,5 ; il n'a varié des jours de travail aux jours de repos intellectuel que de 36,6 à 38,4, la différence est donc tout à fait négligeable (graph. 24).

Le rapport moyen de l'urée à l'acide phosphorique patent est, pour les 29 analyses d'urines normales de M. Ritter, précédemment citées, égal à 10,72.

MM. Lépine et Jacquin (*Revue mensuelle*, 1879) dans un travail *Sur l'excrétion de l'acide phosphorique par*

l'urine dans ses rapports avec celle de l'azote, n'indiquent pas de moyenne pour l'état physiologique ; la nature de l'alimentation, disent-ils, a une très grande influence sur ce rapport qui, d'après les recherches de Züelzer, varierait du simple au double, selon que le sujet est soumis aux régimes exclusifs de viande ou de pommes de terre (relativement fort pauvres en azote).

MM. H. Beaunis (*Physiologie*, 1888, t. II, p. 167) et A. Gautier (*Cours de chimie*, t. III, *Chimie biologique*, 1892, p. 633) indiquent que le rapport de l'acide phosphorique de l'urine à l'azote de ce liquide est de 18 à 100, ce qui correspond à un rapport de l'urée à l'acide phosphorique égal à 10,92.

Quant à M. le professeur E. Spehl (de Bruxelles), il a trouvé entre l'urée et l'acide phosphorique, à l'état normal, un rapport moyen de 10, qui peut être modifié par une alimentation spéciale (*Etude expérimentale de quelques facteurs intervenant dans la sécrétion urinaire*, mémoire analysé dans la *Notice sur le deuxième congrès international de physiologie*, par Léon Fredericq, Liège, 1892, p. 34 et seq.).

Nous avons observé un rapport un peu plus élevé, égal, en moyenne générale, à 13,62 (minimum, 10,23 ; maximum, 16,19). Il n'a pas varié avec les jours de repos ou de travail intellectuels, pour lesquels les moyennes sont 13,51 et 13,73 (graph. 27).

CONCLUSIONS

Nous nous sommes proposé le problème d'une relation entre le travail intellectuel et la composition de l'urine.

On pouvait bien prévoir qu'une fonction s'exagérant, la vie des éléments anatomiques correspondants deviendrait plus active et que cet accroissement de leur activité se traduirait, à des méthodes d'investigation suffisamment sensibles, par des variations qualitatives ou quantitatives des produits de déchet rejetés hors de l'organisme.

De fait, les auteurs, — quelques divergences que présentent d'ailleurs leurs résultats et les interprétations qu'ils en fournissent, — sont unanimes à reconnaître à la pensée des concomitants physico-chimiques.

Nous-même, — expérimentant avec des méthodes analytiques éprouvées et un régime dont la rigueur prévient, croyons-nous, toute objection un peu sérieuse, — aboutissons aux conclusions suivantes :

Le travail intellectuel

AUGMENTE :

La *quantité* de l'urine, nettement ;

Le *chlore*, légèrement, mais ce résultat n'a pas de valeur ;
La *magnésie*, légèrement ;
La *chaux*, très nettement ;
Les *phosphates terreux*, probablement ;
L'*azote non qualifié* ou *azote des matières extractives*
— ce résultat ne signifie rien : il peut être rendu
faux par les erreurs de trois dosages différents ;
Le *rapport de la chaux à la magnésie*.

DIMINUE :

La *densité*, nettement ;
La *coloration*, très légèrement ;
L'*acide sulfurique total*, légèrement ;
Les *phosphates alcalins*, probablement.

NE MODIFIE PAS :

Les *matières solides* ;
L'*acide phosphorique patent* ;
L'*acide phosphorique latent* ;
L'*azote total* } (du moins les différences trouvées ne
L'*urée* } sont pas assez fortes pour que nous
puissions conclure à des variations).
L'*acide urique* ;
Le *rapport de l'acide phosphorique patent à l'acide
phosphorique latent* ;
Le *rapport azoturique* ;
Le *rapport de l'urée à l'acide urique* ;
Le *rapport de l'urée à l'acide phosphorique patent*.

Ou encore, — pour synthétiser, en une formule, ces
conclusions, en nous bornant à celles-là seules qui sont

un peu nettes, — *le travail intellectuel augmente le volume de l'urine, la magnésie et surtout la chaux ; il diminue la densité et l'acide sulfurique ; l'acide phosphorique total, qui ne présente pas de variation quantitative, subit probablement un changement qualitatif : sa répartition est, sans doute, modifiée entre les phosphates terreux, qui s'élèvent, et les phosphates alcalins, qui s'abaissent.*

Faut-il voir dans cette relation, entre l'activité mentale et la composition de l'urine, la preuve d'un rapport entre la pensée et la désassimilation cérébrale ?

De nos résultats isolés, il serait téméraire de tirer cette conclusion. Il se pourrait, en effet, que les variations urinaires observées fussent sous la dépendance de la nutrition, de la désassimilation générales. Mais les recherches de M. Mairet l'amènent à penser que le travail intellectuel ralentit cette nutrition générale : il a trouvé que l'azote total est diminué. Si nous avons constaté une très légère augmentation de l'azote, rentrant évidemment dans la limite des erreurs d'analyse, nous avons, inversement, vu l'urée subir une plus forte diminution, de sorte que notre conclusion, moins réservée, devrait être en faveur d'une tendance à diminuer des principes azotés. Rapprochant de ce fait l'abaissement de la quantité de soufre total, nous serions en droit, semble-t-il, d'inférer à une désassimilation moins active des substances albuminoïdes, ou, comme M. Mairet, à un ralentissement de la nutrition générale. Comment dès lors pourrait-on inscrire au compte de cette désassimilation l'augmentation de la chaux, qui n'est pas moindre que un quart de son chiffre total ?

Il y a donc, vraisemblablement, influence réelle du travail intellectuel sur la désassimilation spéciale du cerveau. Et cette probabilité se fortifie de cette considération que la pensée produit dans cet organe une élévation de la température et une suractivité de la circulation (1).

Pouvons-nous maintenant faire un pas de plus, et, parce que nous avons démontré qu'opérations psychiques et processus physico-chimiques s'accompagnent nécessairement, sommes-nous autorisé à dire qu'il existe entre eux une relation de causalité, que celles-là sont effets dont ceux-ci seraient causes ? Evidemment non.

Mais ce qu'il nous est permis d'affirmer, c'est que les uns conditionnent les autres, et qu'ils sont dans nos observations et expériences, indissolublement unis. L'esprit, comme dit excellemment M. Bernheim, « est prisonnier de la matière. Chez l'homme vivant, la vie psychique est liée à l'organe ; nous ne l'observons que comme fonction du cerveau, centre de la vie psychique, comme de la vie végétative. Et cette fonction, je veux dire l'esprit, grandit, évolue, décline, se modifie, se pervertit, avec le cerveau lui-même dont elle suit les vicissitudes organiques. Nous ne connaissons l'âme qu'enchaînée au corps, inhérente à la matière, et la science ne peut dire si l'âme est indépendante du corps, si l'esprit existe sans la matière (2). »

(1) Faisons toutefois cette expresse réserve que la chaux pourrait tirer son origine d'une autre désassimilation spéciale, corrélative de l'activité mentale et de l'usure de la substance nerveuse.

(2) Bernheim : *L'organisme humain* (Discours prononcé à la séance de rentrée des Facultés, le 3 novembre 1892), in *Revue médicale de l'Est*, 15 novembre 1892.

A pousser plus loin, nous franchirions vite le seuil de la métaphysique. Restons sur le terrain de la science ; son domaine est celui des lois, — constatations de rapports. Qu'il nous suffise d'avoir déterminé une relation entre des modifications chimiques et les faits mentaux.

Vu par le Président de thèse,

Nancy, le 8 avril 1893.

BERNHEIM.

Vu et permis d'imprimer :

Nancy, le 8 avril 1893.

Le Recteur,

E. MOURIN.



INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- BAYRAC (P.). — Étude du rapport de l'azote de l'urée à l'azote total dans les urines normales et pathologiques (*Thèse de Lyon*, 1887, t. 34).
- BEAUNIS (H.). — Recherches sur l'influence de l'activité cérébrale sur la sécrétion urinaire et spécialement sur l'élimination de l'acide phosphorique (*Revue médicale de l'Est*, 1882 et : Recherches expérimentales sur les conditions de l'activité cérébrale, Paris, 1884).
- BEAUNIS (H.). — Nouveaux éléments de physiologie humaine, 3^e édition, 1888.
- BERNHEIM. — L'organisme humain (*Revue médicale de l'Est*, 15 novembre, 1892).
- BOECKER. — Archiv f. gemeinsch. Arbeiten, t. II, p. 11.
- BOSC (F.-J.). — Note sur les troubles de la nutrition dans l'hystérie (*C. R. Soc. de Biol.*, séance du 7 mai 1892, p. 376).
- BOSC (F.-J.). — Formule urinaire complète de l'attaque d'hystérie. — Formule urinaire de l'attaque d'hystérie, d'épilepsie et de quelques attaques épileptiformes (*C. R. Soc. de Biol.*, séance du 23 juillet 1892, p. 723).
- BREED. — *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1851, t. LXXVIII, p. 150.
- BREISACHER (L.). — Zur Physiologie des Schlafes (*Archiv für Physiologie*, 1891, p. 321).
- BREVANS (J. de). — Dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl (*Agenda du chimiste*, 1888, p. 498).

- BUNGE (G.). — *Cours de chimie biologique et pathologique* (traduit sur la 2^e édition allemande par A. Jaquet, 1891).
- BYASSON (H.). — Essai sur la relation qui existe à l'état physiologique entre l'activité cérébrale et la composition des urines (*Thèse de Paris*, 1868).
- CARNOT (A.). — *C. R.*, 1884, 1^{er} semestre, t. XCVIII, p. 919.
- CARNOT (A.). — Sur la détermination du phosphore dans les fers et les aciers (*C. R.*, 1893, t. CXVI, p. 106).
- CAZENEUVE (P.). — Etude critique sur le dosage des phosphates terreux dans l'urine (*J. de Pharm. et de Chim.*, t. XXX, 1879, 2^e partie, p. 19).
- DEBRAY (H.). — Recherches sur les combinaisons de l'acide molybdique et de l'acide phosphorique (*C. R.*, 1868, t. LXVI, p. 702).
- DEECKE (TH.). — Urea and phosphoric acid in the urine in anemia (*Amer. Journ. of insan.*, 1879).
- DUFOUT (E.). — Contribution à l'étude de la composition du tissu osseux dans différents états généraux morbides (*Thèse de Lyon*, 1882).
- EGGERTZ. — *Journal f. prakt. Chem.*, LXXIX, p. 496.
- ELIACHEFF (Mme P.). — Contribution à l'étude des matières extractives non dialysables des urines (*Mémoires de la Soc. de Biol.*, 1891, p. 71).
- EYMONNET (L.). — Recherches expérimentales sur l'apparition de l'acide phosphoglycérique dans l'urine (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, 1883, t. VII, p. 134).
- FINKENER. — *Ber. d. deutsch. chem. ges.*, XI, 1638.
- FRÉSÉNIUS. — Analyse quantitative.
- FUSTIER (A.). — Essai sur la réaction de l'urine (*Thèse de Paris*, 1879).
- GARNIER (L.). — Etude chimique du système nerveux, Nancy, 1877.
- GARNIER (L.) et SCHLAGDENHAUFFEN (F.). — Analyse chimique des liquides et des tissus de l'organisme (*Encyclopédie chimique*).
- GAUBE (G.). — Albuminurie magnésienne chez un dégénéré hyperacoustique (*Gazette médicale de Paris*, 25 juin 1892, p. 303).
- GAUTIER (A.). — L'origine de l'énergie chez les êtres vivants (*Rev. scient.*, 1886, t. XXXVIII, p. 737).

- GAUTIER (A.). — La pensée. La pensée n'est pas une forme de l'énergie, c'est la perception des états intérieurs et de leurs relations (*Rev. scient.*, 1887, t. XXXIX, p. 14).
- GAUTIER (A.). — Cours de Chimie, t. III (*Chimie biologique*), 1892.
- GILBERT (C.). — Dosage de l'acide phosphorique dans le guano de Baker et autres matières analogues, etc. (*Moniteur scientifique du Dr Quesneville*, 1874, p. 609. — Traduction de Ch. Baye).
- GLEYS (E.). — Etude expérimentale sur l'état du pouls carotidien pendant le travail intellectuel (*Thèse de Nancy*, 1881).
- GUÉRIN (G.) et THORION (H.). — Sur l'existence d'un urate ammoniacomagnésien et de l'inconvénient que présente sa formation dans le dosage de l'acide phosphorique urinaire (*Journ. de Pharm. et de Chim. et Revue médicale de l'Est*, 1892).
- HAMMOND. — *The american Journ. of med. sciences*, Apr. 1856.
- HAMMOND. — *Schmidt's Jahrbücher*, 1858, n° 1, p. 3.
- HAXTHAUSEN (A. v.). — Acidum phosphoricum urinæ et excrementorum (*Diss. inaug. Halle*, 1860).
- HENNINGER (A.). — Sur un procédé de dosage de l'azote total de l'urine (*C. R. Soc. de Biol.*, séance du 12 juillet 1884, p. 474).
- HERZEN (A.). — L'activité cérébrale (*Rev. scient.*, 1887, t. XXXIX, p. 103).
- HIRN (G. A.). — La thermodynamique et le travail chez les êtres vivants (*Rev. scient.*, 1887, t. XXXIX). — XI. Aperçu sur le travail intellectuel. Ressemblances et dissemblances existant entre le travail mécanique et le travail intellectuel (p. 781).
- KAUPP (W.). — *Archiv f. physiol. Heilkunde*, 1856, p. 125 et p. 556.
- LAILLER (A.). — Sur l'élimination de l'acide phosphorique par l'urine, dans l'aliénation mentale et l'épilepsie (*C. R.*, 1884, 2^e semestre, t. XCIX, p. 572).
- LAMBLING (E.). — Aliments (*Encyclopédie chimique*, t. IX, 1892).
- LAVOISIER. — *Mémoires de l'Académie des sciences* pour 1789.
- LÉPINE (R.). — Sur l'acide phosphorique et le phosphore non complètement oxydé dans l'urine des épileptiques (*C. R. Soc. de Biol.*, séance du 26 juillet 1884, p. 499).

- LÉPINE et EYMONNET. — Sur la détermination quantitative de l'acide phosphoglycérique dans l'urine, à l'état physiologique et dans diverses conditions anormales. notamment dans le cas de foie gras (*C. R. Soc. de Biol.*, 1882, p. 622).
- LÉPINE, EYMONNET et AUBERT. — Sur la proportion de phosphore incomplètement oxydé contenue dans l'urine, spécialement dans quelques états nerveux (*C. R.*, 1884, t. XCVIII, p. 238).
- LÉPINE et JACQUIN. — Sur l'excrétion de l'acide phosphorique par l'urine dans ses rapports avec celle de l'azote (*Revue mensuelle*, 1879).
- LIEPOWITZ. — *Ann. Pogg.*, CIX, 135.
- MAIRET. — Recherches sur l'élimination de l'acide phosphorique chez l'homme sain, l'aliéné, l'épileptique et l'hystérique (*C. R. de la Soc. de Biol.*, séances des 5 et 12 juillet 1884, p. 438 et p. 461).
- MAIRET. — A propos du procédé communément employé pour séparer les phosphates terreux dans l'urine (*C. R. Soc. de Biol.*, 13 mai 1892, p. 379).
- MENDEL (E.). — Die phosphorsäure in Urin von Gehirnkranken (*Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 1872, t. II, p. 636-672).
- MOSLER (F.). — Beiträge zur Kenntniss der Urinabsonderung bei gesunden, schwangern und kranken Personen u. s. w. Inauguralabhandlung, Giessen, 1853.
- NAVILLE (A.). — La pensée et le travail chimique (*Rev. scient.*, t. XXXIX, p. 315).
- NEUBAUER (C.) et VOGEL (J.). — Anleitung zur qualitativen und quantitativen Analyse des Harns, 4 Aufl. 1863.
- NEUBAUER (C.). — De l'urine et des sédiments urinaires, 2^e édition française, 1877.
- NOYES (T. R.). — Exper. researches on the excretion of urea (*Amer. journal of the med. scienc.*, oct. 1867).
- OLIVIERO. — A propos de la communication de M. Jules Voisin (*C. R. Soc. de Biol.*, 29 avril 1892, p. 333).
- PEMBERTON. — *Chem. News*, XLVI, 4.
- PFOEDTEN (v. d.). — *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, XV, 1925 et 1929.

- POUCHET (G.). — Remarques anatomiques à l'occasion de la nature de la pensée (*Rev. scient.*, 1887, t. XXXIX, p. 169).
- RICHET (CH.). — Le travail psychique et la force chimique (*Rev. scient.*, 1886, t. XXXVIII, p. 788).
- RICHET (CH.). — La pensée et le travail chimique (*Rev. scient.*, 1887, t. XXXIX, p. 83).
- RITTER (E.). — Des modifications chimiques que subissent les sécrétions sous l'influence de quelques agents qui modifient le globule sanguin (*Thèse de Paris, doctorat ès sciences*), 1872.
- RONALDS. — *Philosophical transactions*, 1846, p. 463.
- SICK (P.). — Versuche über die Abhängigkeit des Phosphorsäuregehaltes des Urins von der Phosphorsäurezufuhr (*Archiv für physiol. Heilkunde*, 1857, p. 482).
- SONNENSCHN. — *Journal f. prakt. Chem.*, LII, 342.
- SOTNITSCHESKY. — Glycerinphosphorsäure im normalen menschlichen Harn (*Zeitschrift für physiologische Chemie*, IV, 1880, p. 214).
- SOURY (J.). — Les fonctions du cerveau, 1891.
- SPECK (C.). — Untersuchungen über die Beziehungen der geistigen Thätigkeit zum Stoffwechsel (*Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmacologie*, 1881, t. XV, p. 81-145).
- SPEHL (E.). — Etude expérimentale de quelques facteurs intervenant dans la sécrétion urinaire (Analyse in *Notice sur le deuxième congrès international de physiologie*, par Léon Fredericq, Liège, 1892, p. 34).
- STRUBING. — Phosphorsäure unter Einflusse excitirender und deprimirender Mittel (*Archiv f. exp. Path. und Pharm.*, 1876, t. VI, p. 266).
- TANZI. — Ricerche termo-elettriche sulla corteccia cerebrale in relazione con gli stati emotivi, Reggio-Emilia, 1889.
- TEISSIER (J.). — Du diabète phosphatique, Paris, 1877.
- WILLM et HANRIOT. — *Traité de chimie*, 1888.
- WINTER (A.). — Beiträge zur Kenntniss der Urinabsonderung bei gesunden, Inauguralabhandlung, Giessen, 1852.

WOOD (Luther Hodges). — Researches on the influence of mental activity upon the excretion of phosphoric acid by the kidneys (from the proceedings of the Connecticut medical Society, 1869).

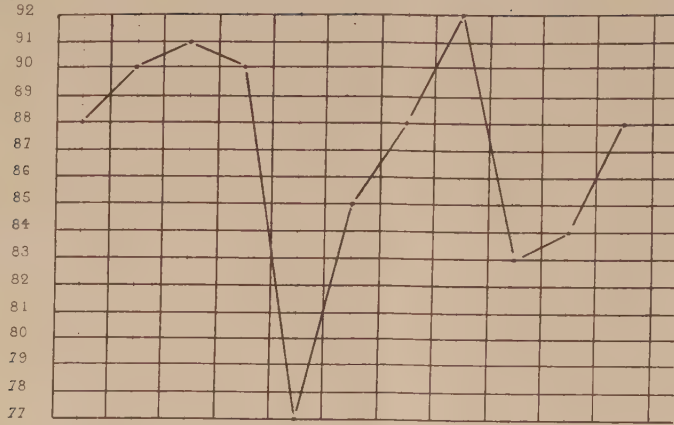
ZUELZER (W.). — Ueber das Verhältniss der Phosphorsäure zum Stickstoff im Urin (*Archives de Virchow*, 1876, t. LXVI, p. 233).



Planche I

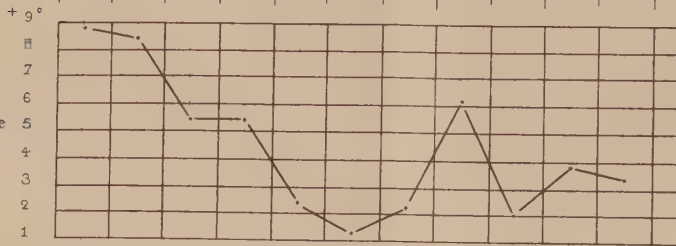
Jours de l'Expérience 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Etat
hygrométrique



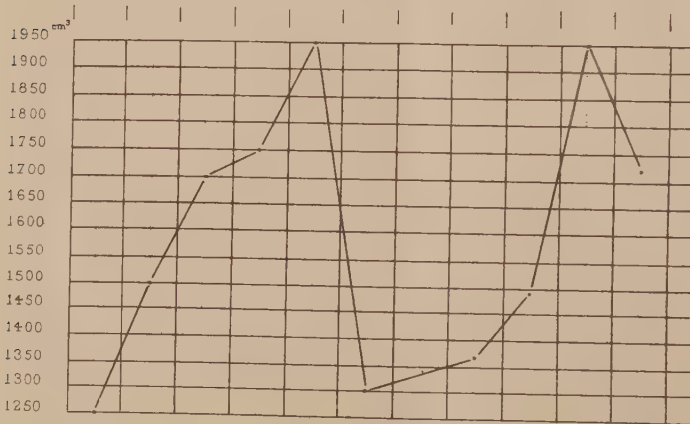
1

Température



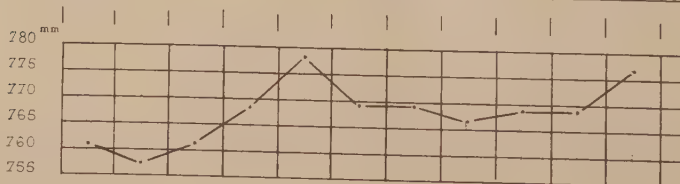
2

Emission



3

Hauteur
Barométrique



4

Planche II

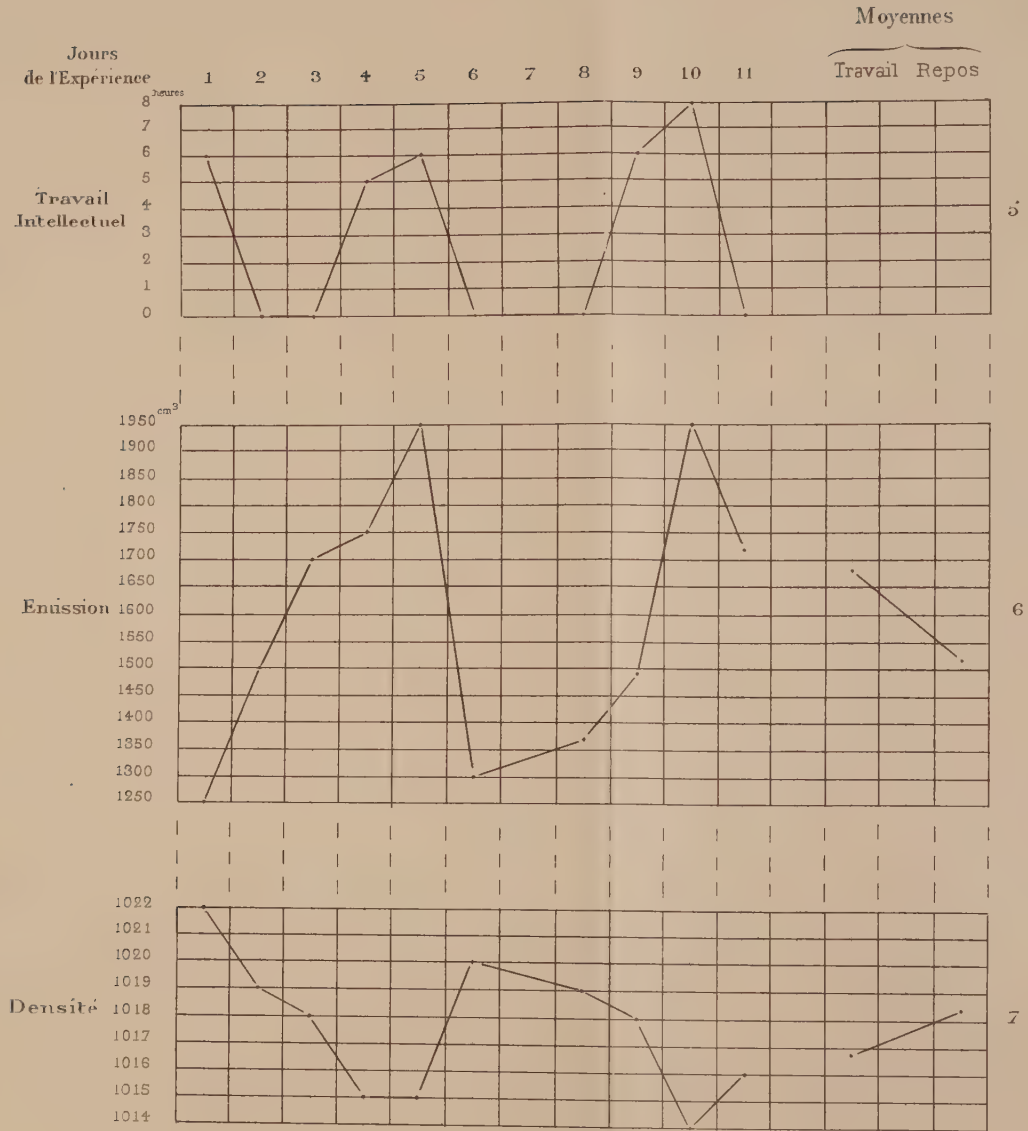


Planche III

Moyennes

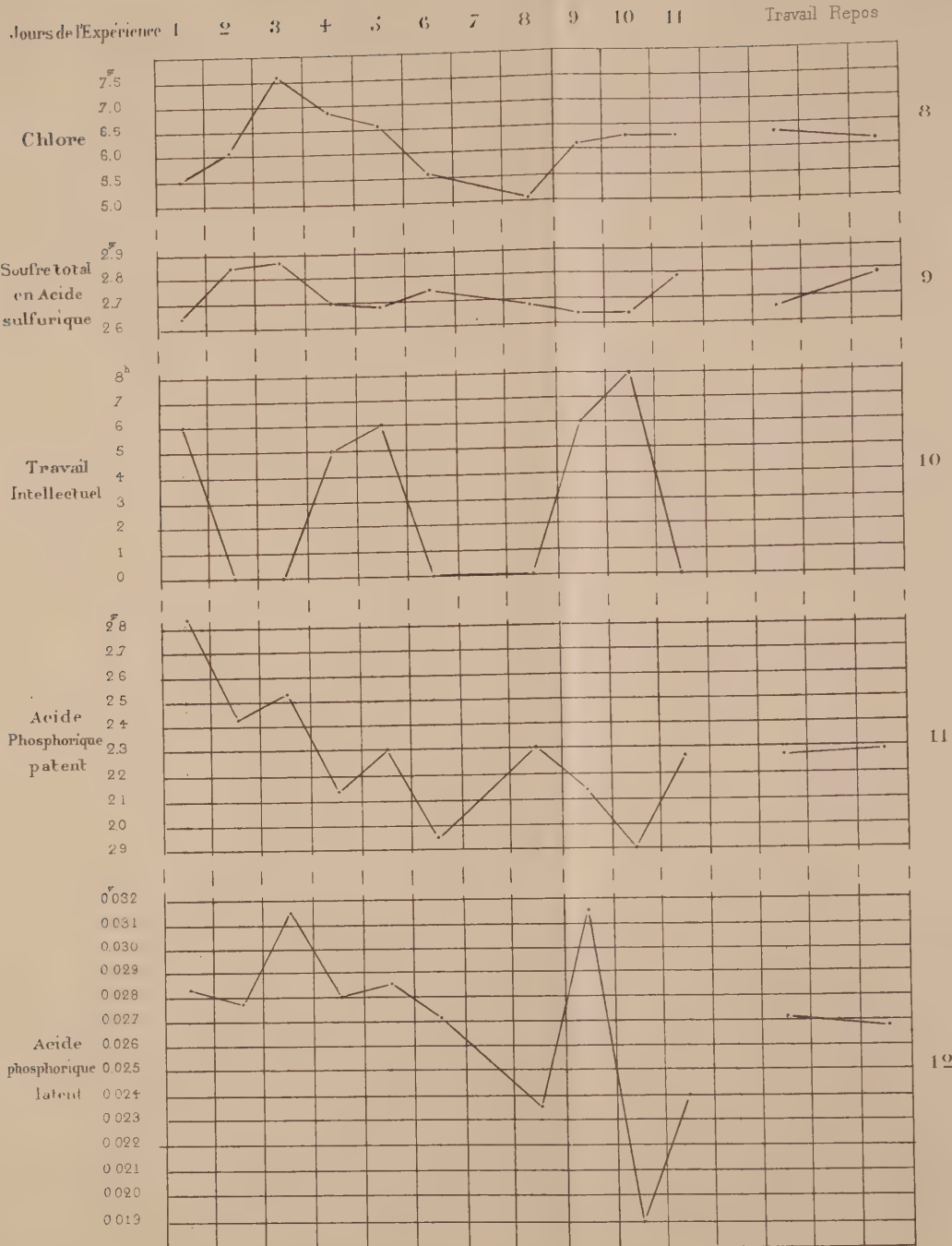


Planche IV

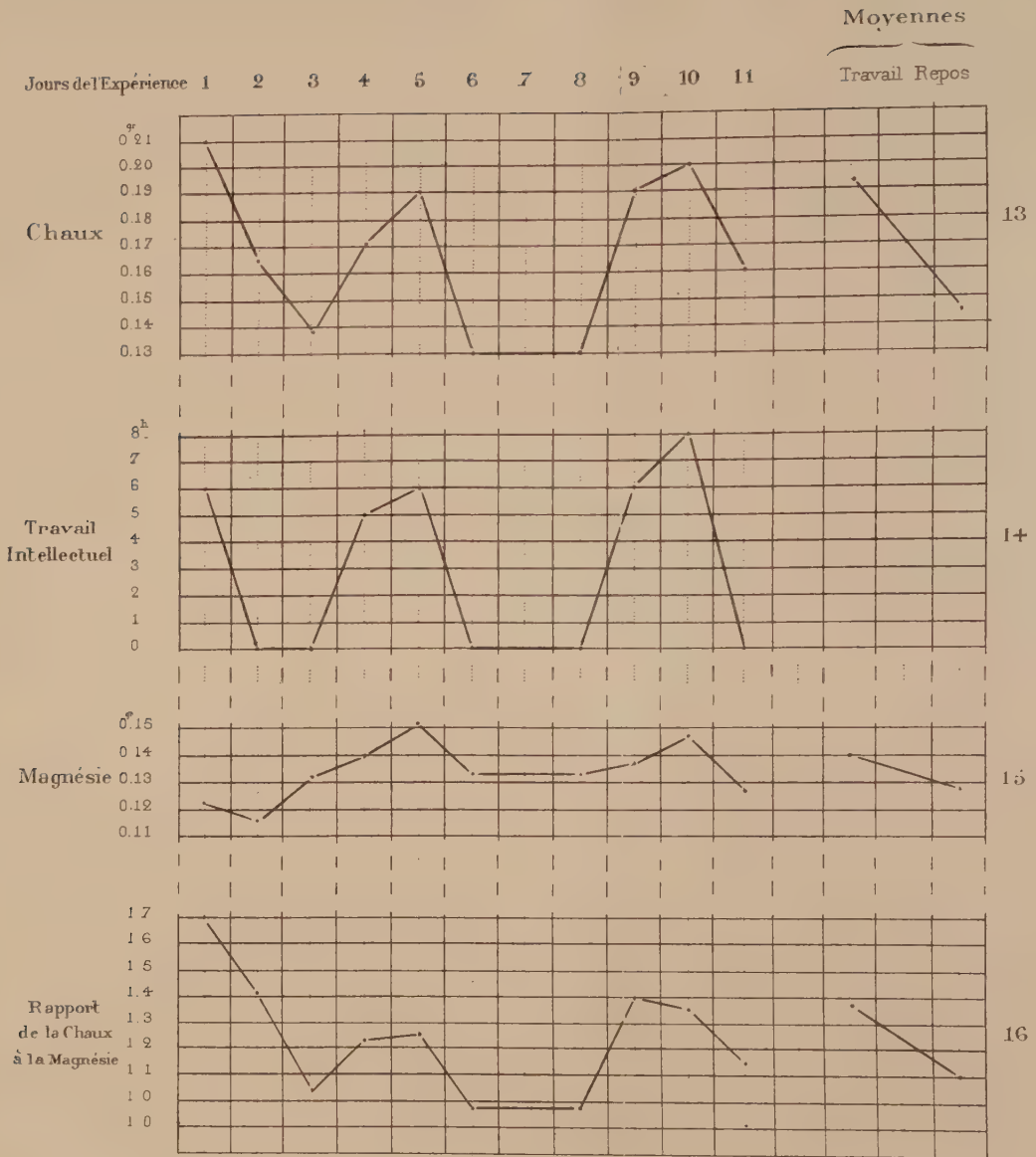


Planche V

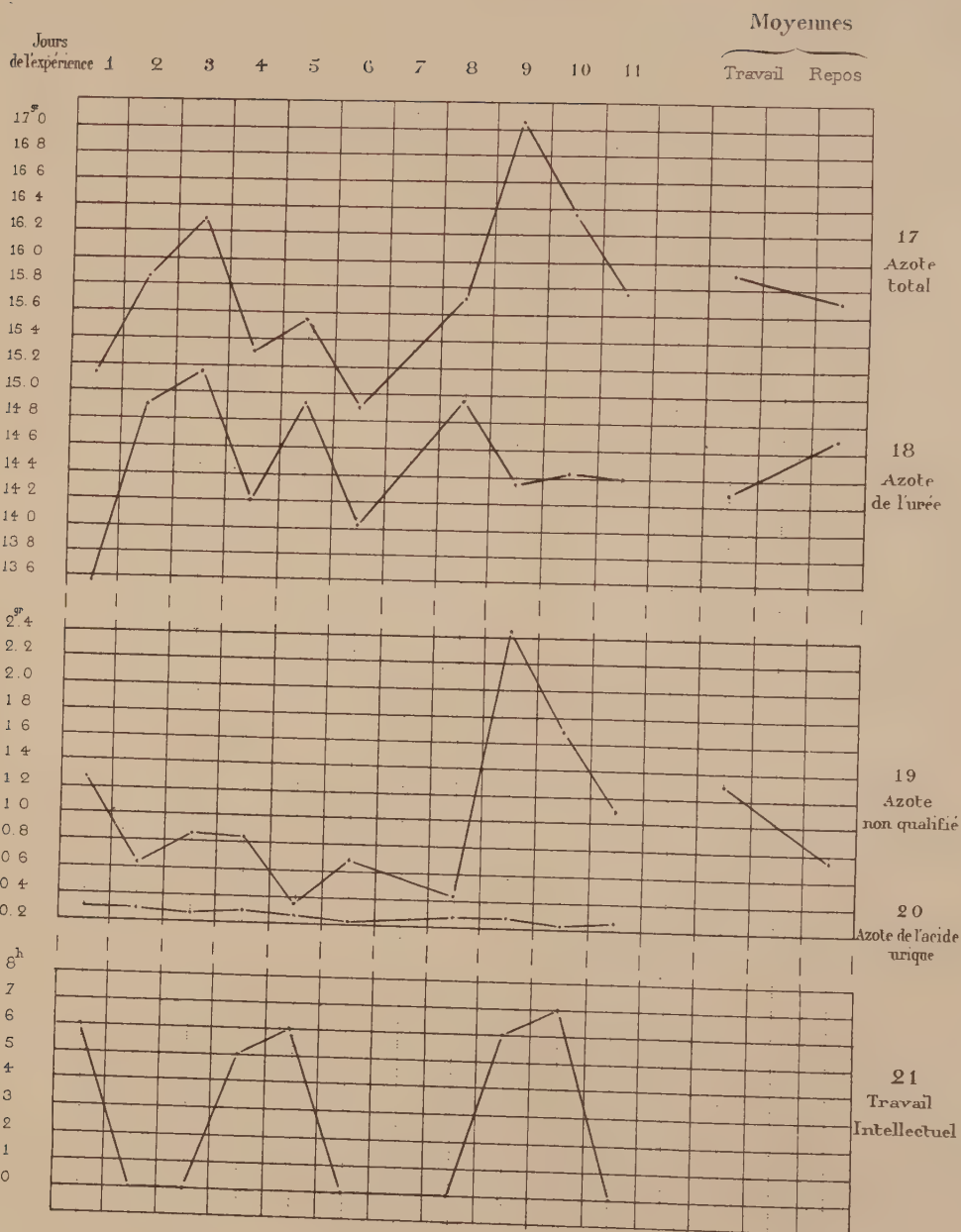


Planche VI

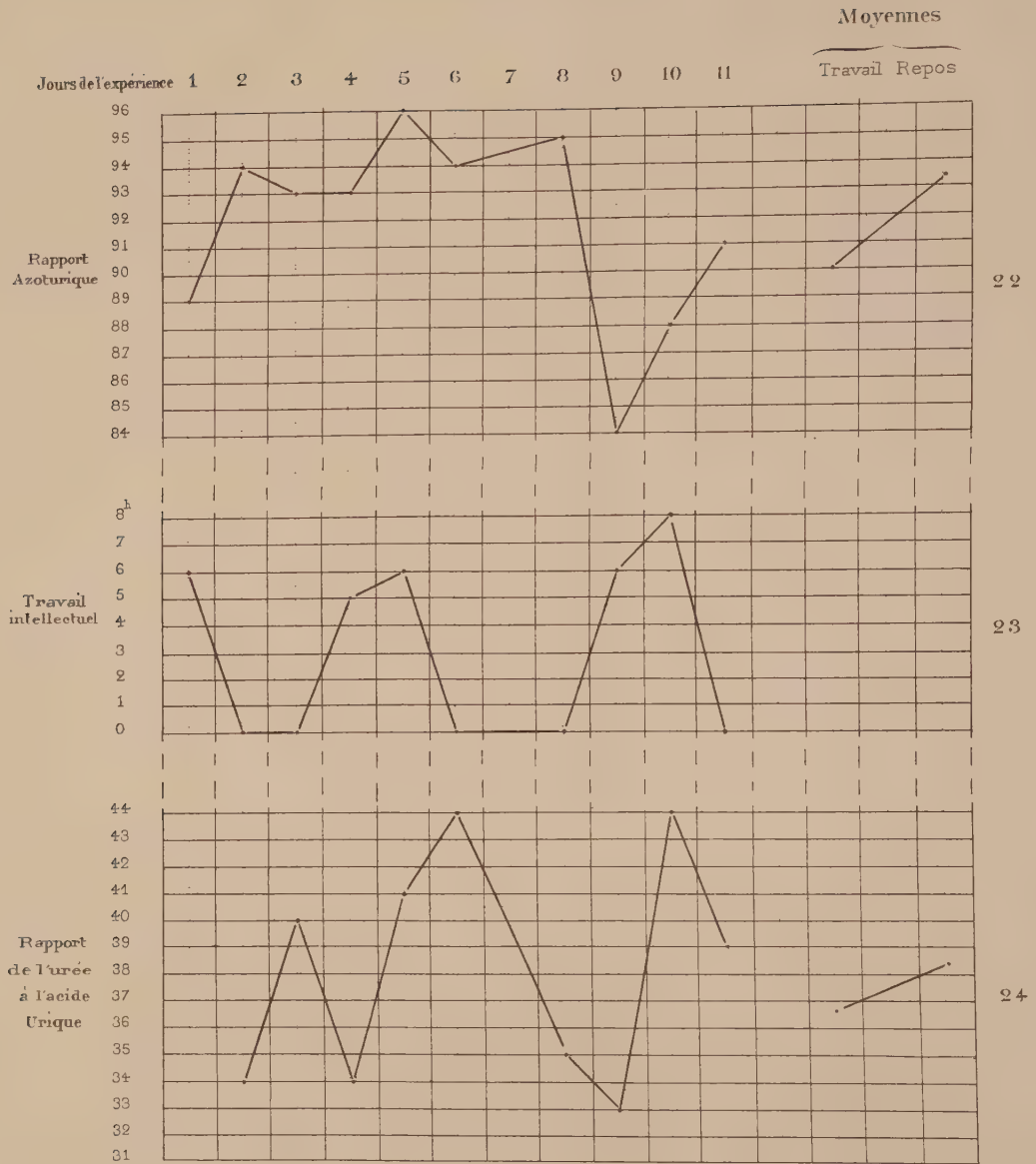


Planche VII

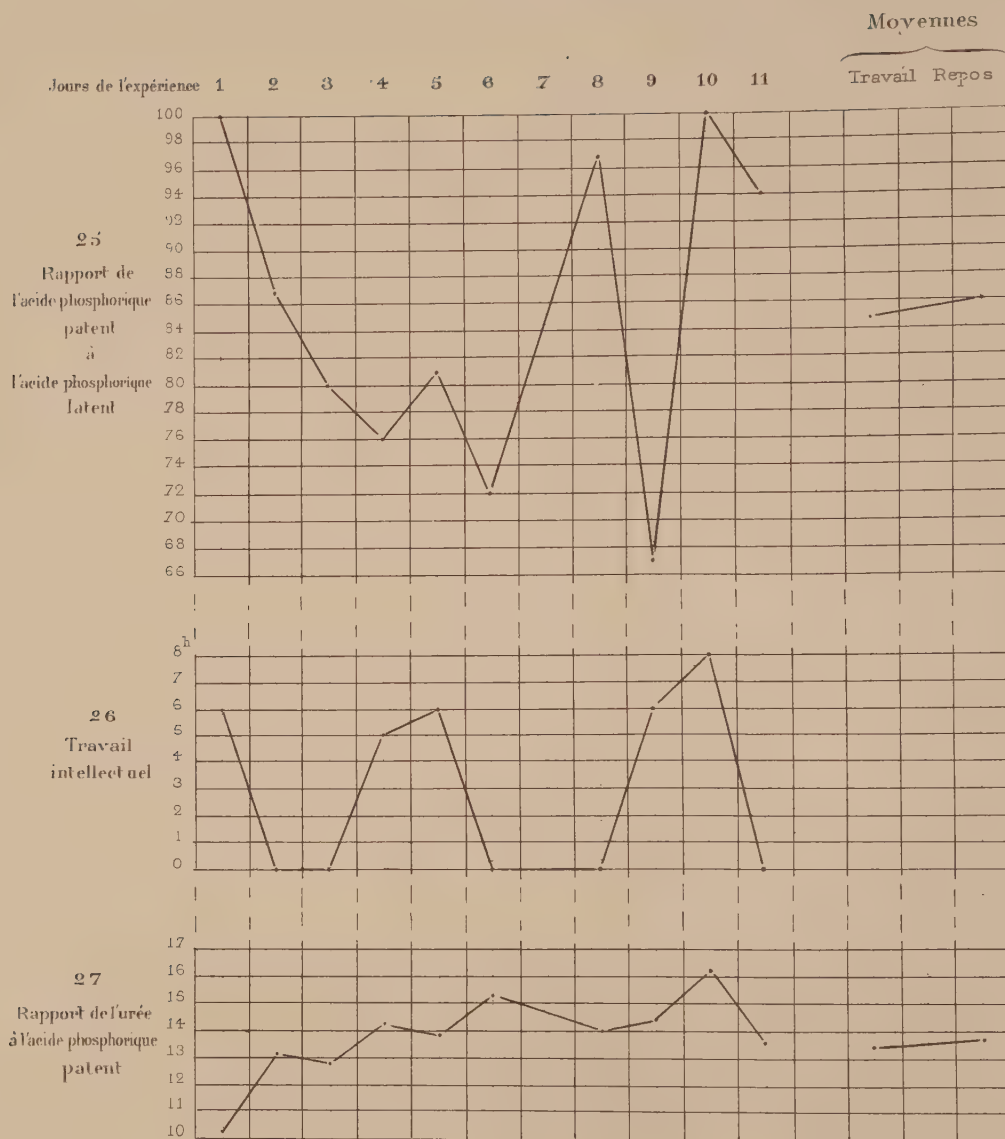


TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	5
I. — GÉNÉRALITÉS SUR LES CONCOMITANTS PHYSICO-CHIMIQUES ET LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE CORRÉLATIFS DU TRAVAIL INTELLECTUEL.....	9
II. — HISTORIQUE DES TRAVAUX SUR LES VARIATIONS URINAIRES DANS LE TRAVAIL INTELLECTUEL, LA VEILLE ET LE SOMMEIL.	22
III. — RECHERCHES PERSONNELLES.....	47
1° Méthodes analytiques.....	47
2° Conditions de l'expérience.....	76
3° Résultats	82
CONCLUSIONS.....	109
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.....	115
PLANCHES ...	121



